L'énergie solaire et votre maison

85-0354/

L'énergie solaire et votre maison

BIBLIOTHÈQUE
26 JUIN 1994
LÉGISLATURE, QUÉBEC

Textes et recherche: Bernard Lévy-Bertaut
Illustrations: Denis Colette & Associés
Composition et montage: Caractères Inc.
Coordination et révision: Herman Huot
Cet ouvrage a été préparé par la Direction des énergies nouvelles en étroite collaboration avec la Direction des communications.

Code E-38

Réimpression 1984

Énergie et Ressources Québec

Table des matières

	Pages
Introduction	3
L'architecture énergétique	5
Capter le soleil	5
Orientation	5
Fenêtrage	6
Comment gérer sans effort l'énergie gagnée	8
Matériaux de stockage	8
Distribution de la chaleur	9
Comment mieux protéger sa maison du froid	10
Terrain	10
Arbres	10
Forme générale	10
Isolation thermique	11
Agencement intérieur	12
Comment augmenter encore les gains d'énergie solaire	13
Murs capteurs	13
Serres	14
Maisons enterrées	15
Comment climatiser naturellement sa maison en été	16
Éviter la surchauffe: arbres feuillus, etc.	16
Comment préparer votre maison à la venue de nouveaux équipements solaires	17
Le solaire passif	18
Matériaux et produits	18
Murs capteurs	18
Serres	18
Isolation thermique renforcée	19
Isolation mobile des vitrages	19
Autres innovations attendues	19
Le solaire actif	20
Fonctionnement	20
Possibilités	20
Chauffage de l'espace	20
1er cas: l'eau est le fluide caloporteur	20
2e cas: l'air est le fluide caloporteur	21
Savoir préparer sa maison à recevoir des équipements solaires actifs pour le chauffage de l'espace	22
Chauffage de l'eau domestique	23
Savoir préparer sa maison à recevoir des équipements solaires actifs pour le chauffage de l'eau domestique	23
Chauffage des piscines	24
Autres systèmes de chauffage et énergie solaire	25
Chauffage conventionnel	25
Techniques nouvelles et principes anciens	26
Fournaises à bois	26
Pompes à chaleur	26
Échangeur de chaleur	27
Éoliennes	28
Photopiles	28
Conclusion	29
Maisons québécoises: tradition et avenir	29

Introduction

Les énergies nouvelles suscitent de plus en plus d'intérêt à mesure que les prix des énergies conventionnelles grimpent et que les pays exportateurs n'offrent plus les mêmes garanties d'approvisionnement.

Même si le développement des énergies nouvelles au Québec ne remonte pour ainsi dire qu'à quelques années, déjà de nombreux consommateurs québécois ont pris l'initiative de devenir en quelque sorte leur propre producteur d'énergie en faisant appel à ces sources connues depuis longtemps mais bénéficiant de la technologie d'aujourd'hui. La pénétration accélérée des poêles à bois dans les résidences est un exemple probant.

Parmi les filières énergétiques intéressantes pour le Québec, se trouve l'énergie solaire qui, avec le potentiel qu'on lui reconnaît, devrait contribuer pour une bonne part au 2% du bilan énergétique québécois que devraient représenter en 1990 les énergies nouvelles.

Certains sont désireux de simplement mieux connaître le solaire tandis que d'autres entreprennent d'apprivoiser ce nouveau mode de chauffage d'appoint. Cette publication, L'ENERGIE SOLAIRE ET VOTRE MAISON, veut répondre aux besoins des uns et des autres.

D'abord, l'auteur explique comment une maison, par certaines dispositions architecturales relativement simples, peut déjà gagner de la chaleur solaire: orientation, fenêtrage, éléments architecturaux ou autres ajoutés; montre par quels aménagements il est possible de réduire les refroidissements par l'extérieur; présente d'autres procédés (murs capteurs, serres) qui permettent d'augmenter encore les gains solaires, et indique les moyens pour assurer une climatisation naturelle l'été.

Puis, il fait remarquer que, question de coût et de technologie, une maison solaire ne se bâtit pas nécessairement tout d'un coup, mais qu'elle peut être au départ conçue pour profiter ultérieurement d'équipements prometteurs. Il commence par discerner les éléments qu'on ajoutera par étapes à la maison solaire passive constituée par l'application des notions décrites jusque là.

Ensuite, l'auteur présente le solaire actif, caractérisé par des éléments mécanisés ajoutés à la structure du bâtiment, en soulignant ses applications pour le chauffage des lieux et de l'eau de la maison et des piscines. Là encore, il indique comment préparer sa maison à la venue de tels équipements.

Enfin, il rappelle avec justesse la nécessité pratique de compter sur les systèmes de chauffage conventionnels, et souligne l'apport complémentaire des autres énergies nouvelles ou redécouvertes.

Heureuse initiative! En guise de conclusion, l'auteur fait observer, notamment en reprenant certaines caractéristiques du solaire passif, que les maisons actuelles à haut rendement énergétique s'inspirent des maisons québécoises traditionnelles qui ont su tenir compte des conditions climatiques et profiter du savoir-faire de l'époque.

Dans le domaine des énergies nouvelles au Québec, la phase des réalisations concrètes est maintenant entamée et les efforts des prochaines années porteront sur la mise en valeur de ce potentiel. Que cet ouvrage concourt à donner à l'énergie solaire la place que les consommateurs devraient lui mériter!

Table des illustrations

		Pages
1	Maison bien orientée plein sud	5
2	Fenêtrage idéal	6
3	Systèmes isolants mobiles: rideaux, stores, volets se roulant et se rabattant	7
4	Divers puits de lumière. Puits de lumière réverbérant les rayons solaires dans la maison	7
5	Exemples de masses thermiques constituées par des structures en maçonnerie	8
6	Masse thermique constituée par des éléments contenant de l'eau	8
7	Récupération de l'air chaud dans un lit de roches tenant lieu de plancher radiant	9
8	Bonne disposition d'un terrain A) plat et B) en pente	10
9	Conifères protégeant la maison des vents froids d'hiver	10
10	Importance des pertes de chaleur par l'enveloppe extérieure, selon le type d'habitation: bungalow 100%; semi-enterrée 85%; jumelée 70%; en rangée 55% et en condominium 40%	11
11	Différents espaces tampons	12
12	Principe de circulation de l'air pour le mur Trombe: le jour, échauffement de la surface du mur et circulation de l'air chaud dans la pièce; la nuit, radiation de la chaleur emmagasinée dans le mur vers la pièce et convection dans la maison (orifices fermés).	13
13	Différents types de murs capteurs à eau	13
14	Récapitulation des différents types de masses thermiques employés pour une maison solaire passive: dalle; sol, mur et plafond; lit de roches; noyau central d'eau ou de pierres; mur Trombe; plafond radiant, mur du fond	14
15	Différentes conceptions possibles de serres	14
16	Une serre couplée à un mur trombe	14
17	Différentes masses thermiques utilisées pour les serres: dalle radiante; circulation naturelle de la chaleur; lit de roches; mur Trombe, galets et thermocirculation	15
18	Maisons enfouies dans le sol	15
19	Arbres feuillus rafraîchissant la maison en été	16
20	Ventilation dans le cas A) d'un mur Trombe (effet de cheminée) et B) d'une serre	18
21	Deux exemples de rénovations solaires: mur Trombe et serre	19
22	Différents types de distribution pour les systèmes solaires actifs à eau: A) distribution à eau; B) distribution à air	21
23	Exemples de stockage pour systèmes actifs à air: galets, briques, bouteilles à eau et chaleur latente	21
24	Schéma du fonctionnement d'un système actif à air: A) circulation de l'air des capteurs à la maison; B) chauffage de la maison par le stockage; C) stockage de la chaleur venant des capteurs	22
25	Schéma d'un chauffe-eau solaire: A) circuit antigel avec échangeur; B) circuit tout eau avec drainage automatique en cas de gel; C) système à thermosiphon ne nécessitant pas l'usage de pompes de circulation	23
26	Le chauffage des piscines: A) schéma d'un système actif; B) exemple de capteurs en plastique; C) exemple de couvre-piscine	24
27	Schéma du fonctionnement d'une pompe à chaleur et différents types	26
28	Deux exemples de pompe à chaleur eau-air utilisant des sources froides différentes: A) réservoir à eau d'un système solaire actif; B) eau de la nappe phréatique.	27
29	Schéma du fonctionnement d'un échangeur air-air	28
30	Modèle de maison québécoise	30

L'architecture énergétique

Il existe des moyens relativement simples et peu coûteux de parvenir à d'importantes économies sur les coûts de chauffage et de climatisation de la maison. Il s'agit de profiter au maximum de l'énergie solaire, qui n'est pas nécessairement synonyme de capteurs-sur-le-toit et d'investissements élevés, de concevoir une maison à haute conservation d'énergie et de prévoir une climatisation naturelle l'été.

CAPTER LE SOLEIL

L'orientation et le fenêtrage de la maison sont deux éléments essentiels pour qui veut faire du soleil un facteur d'économies d'énergie fort appréciable.

ORIENTATION

IL FAUT TOUJOURS ORIENTER LA FAÇADE PRINCIPALE AU SUD. Ce n'est d'ailleurs pas par hasard que, dans notre hémisphère, les premiers hommes avaient déjà choisi cette orientation pour leurs abris.

Chauffage

En hiver, le soleil se lève au sud-est, se couche au sud- ouest et éclaire presque exclusivement la façade sud. Pendant cette période, il est assez bas sur l'horizon et pénètre à fond dans les pièces exposées, agissant comme un puissant radiateur extrêmement précieux pour le chauffage.

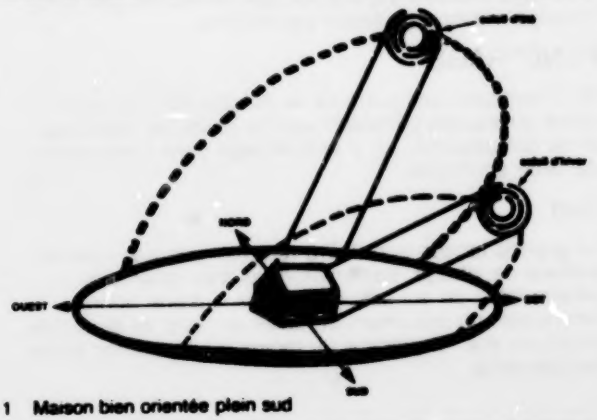
Climatisation

En été, au contraire, la course du soleil est très grande: il se lève au nord-est et se couche au nord-ouest. La façade sud est peu exposée, deux fois moins qu'en hiver, et comme à ce moment il est haut sur l'horizon, il projette surtout ses rayons sur la toiture. L'été, on devra la protéger du soleil; et il sera facile de créer des circulations d'air frais dans la maison grâce à des ouvertures au nord et au sud.

Mauvaise orientation

Mais rares sont les maisons existantes qui peuvent se prévaloir d'une telle orientation. L'exemple type de mauvaise orientation est une maison d'axe nord-sud présentant ses deux grandes façades à l'est et à l'ouest.

En hiver, cette maison ne voit presque jamais le soleil au moment où elle en a le plus besoin. Sa grande façade ouest est exposée aux vents fréquents de l'ouest et du sud-ouest, et sa façade est, aux vents du nord-est.



1 Maison bien orientée plein sud

En été, elle est surchauffée alors qu'elle a grand besoin de fraîcheur, les façades est et surtout ouest recevant les rayons ardents du matin et de l'après-midi qui, assez bas sur l'horizon, pénètrent à fond dans les espaces exposés. Quant à la circulation d'air est-ouest qui peut être créée, elle sera beaucoup moins rafraîchissante que celle nord-sud.

Donc, cette orientation sera coûteuse autant en chauffage qu'en climatisation.

± 30° sud

Il n'est toutefois pas indispensable que la façade principale soit tout à fait plein sud. Elle peut, sans effet grave sur le bilan thermique, s'orienter à plus ou moins 30° par rapport au sud. Au Québec, pour la majorité des habitations situées dans les plaines proches du Saint-Laurent, une orientation plus à l'est sera conseillée pour plusieurs raisons: à cause des vents froids dominants de l'ouest et du sud-ouest, du temps hivernal souvent plus ensoleillé le matin que l'après-midi et de la surchauffe d'été plus supportable à l'est qu'à l'ouest. Dans tous les cas, il faut vérifier qu'aucun obstacle ne fasse de l'ombre sur la façade sud. Il faut que la distance entre la façade sud et l'éventuel obstacle (maison, colline, arbre, etc.) soit au moins égale à 2,5 fois la hauteur de cet obstacle.

Un Québec ensoleillé

Il est faux de croire qu'au Québec, à cause du dur climat hivernal, il ne sert à rien d'essayer de profiter de l'énergie solaire. En fait, si on compare des villes françaises situées à la même latitude que des villes québécoises (par exemple Montréal et Bordeaux, Québec et Nantes), on constate que, même si la température moyenne en hiver est bien plus basse au Québec, l'ensoleillement y est par contre supérieur, l'hiver français ressemblant à un novembre québécois prolongé. C'est en moyenne 800 heures d'ensoleillement que la façade sud pourra accueillir par son fenêtrage, la saison froide au Québec, plus longue, allant de novembre à avril. Il faut aussi ajouter le rayonnement diffus, fréquent au Québec, qui parvient à traverser de faibles couches de nuages ou de brumes, et le rayonnement supplémentaire réverbéré par le sol, enneigé presque de façon permanente.

FENÊTRAGE

Si l'orientation adéquate de la maison est à la base d'une diminution substantielle des coûts de chauffage et de climatisation, un bon fenêtrage sera l'instrument de cette économie.

Sud

La grande façade sud devra recevoir une très grande surface de vitrage, soit environ les trois quarts du vitrage total; ce qui assurera, en plus d'une bonne luminosité, un maximum de soleil en hiver et deux fois moins en été. Un vitrage au moins double, sinon triple, est conseillé.

Est

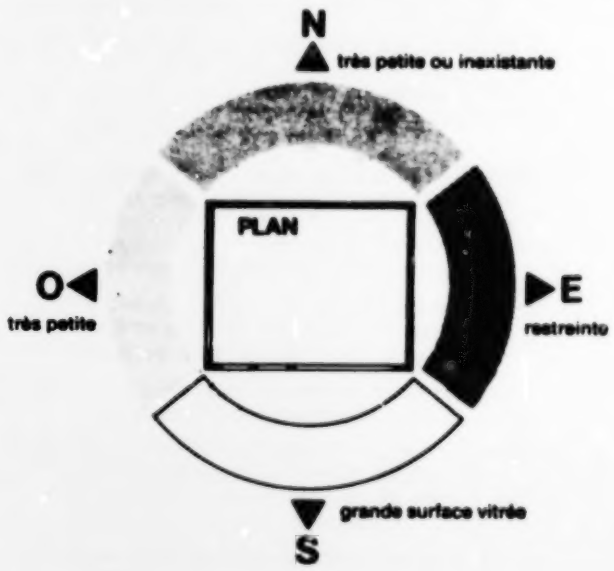
Le côté est admettra une surface vitrée restreinte; il reçoit peu de soleil en hiver, parfois des vents de tempête du nord-est, et subit un peu de surchauffe en été. Vitrage triple.

Ouest

Le côté ouest recevra une surface vitrée encore plus réduite; peu de soleil en hiver, vents fréquents de l'ouest et du sud-ouest, grosse surchauffe en été. Vitrage triple ou quadruple.

Nord

Le côté nord se contentera d'une surface vitrée très faible ou inexistante; jamais de soleil en hiver, côté souvent froid ou glacé, vents possibles du nord-est, peu de luminosité. Vitrage quadruple.



2 Fenêtrage idéal

20 à 30% d'économies

L'important fenêtrage sud permettra de faire des économies de chauffage allant de 20 à 30% par rapport à une maison conventionnelle. Ainsi, toute forme de fenêtrage (baies vitrées, bay-windows, porte-patio, lucarnes, claires-voies, etc.), classique ou plus moderne, sera bienvenue. Le vitrage sud, en supposant qu'il soit double ou triple, est le seul à faire gagner plus d'énergie qu'il n'en fait perdre, grâce aux radiations solaires; et son bilan thermique est de 5 à 10 fois supérieur à celui très négatif des autres vitrages est, ouest et nord.

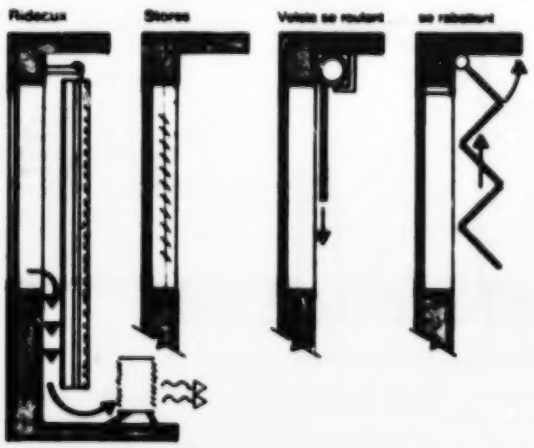
Mauvais isolant

Les vitres ont en effet une très faible résistance thermique et sont une des principales causes de refroidissement de la maison, même les vitres au sud par mauvais temps et durant les nuits d'hiver. Il est cependant facile d'améliorer ce mauvais isolant qu'est le vitrage en choisissant des fenêtres, châssis et vitres mieux isolés et étanches (vitrage thermos double ou triple).

De plus, l'installation de stores, volets, rideaux épais ou persiennes, améliorera encore l'isolation des fenêtres. Ils doivent être obligatoirement disposés entre un appareil de chauffage éventuel situé au pied de la fenêtre et le vitrage.

Ces dispositifs simples et peu coûteux, sous-employés au Québec, présentent l'avantage supplémentaire, lorsqu'ils sont fermés, de servir en été de pare-soleil, et en hiver d'atténuer l'impression de froid que l'on peut ressentir à proximité d'un vitrage, surtout le soir, notre propre rayonnement étant attiré par la paroi froide de la vitre. Pour éviter d'une façon efficace ces pertes de chaleur par rayonnement, une couche aluminisée est introduite dans certains systèmes.

Toutefois, malgré ces progrès, la résistance thermique d'une fenêtre est encore bien éloignée de celle d'un mur bien isolé. Or, il existe maintenant des sortes de systèmes isolants (ou isolations mobiles) qui, lorsqu'ils sont fermés sur le vitrage, en général pendant les soirées et les nuits froides, permettent de beaucoup mieux conserver la chaleur de la maison. Ces systèmes, pourtant d'introduction récente, présentent déjà une grande variété de formes: panneaux, volets ou rideaux rigides ou souples, fixés à l'extérieur ou à l'intérieur, se roulant, se dépliant, se rabattant ou coulissant. Ils risquent de prendre, dans un proche avenir, une expansion considérable au fur et à mesure qu'ils seront adaptables à toute maison neuve ou existante.



3 Systèmes isolants mobiles: rideaux, stores, volets se roulant et se rabattant

Luminosité

Une bonne luminosité dans une habitation fait aussi partie du confort des occupants. La fenêtrage sud favorise la luminosité intérieure. Celle-ci peut encore être améliorée par de simples fenêtres sur la toiture (lucarnes, lanternaeaux) ou encore par des puits de lumière, sorte d'ouverture vitrée sur le toit captant puis canalisant les rayons du soleil au moyen de prismes et de surfaces réfléchissantes, (aluminium, miroirs) vers des espaces non directement exposés. Grâce à tous ces procédés, on peut retarder l'emploi de l'éclairage artificiel. En été, ouverts, ils servent à la climatisation de la maison et évacuent l'air chaud qui a tendance à monter.

4 Divers puits de lumière. Puits de lumière réverbérant les rayons solaires dans la maison

COMMENT GÉRER SANS EFFORT L'ÉNERGIE SOLAIRE GAGNÉE

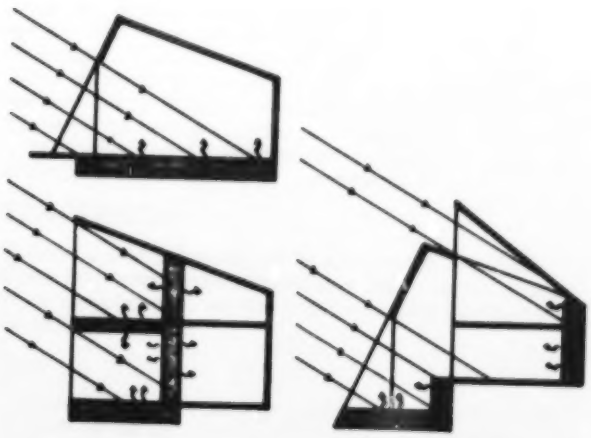
Abondante, gratuite et presque inépuisable, l'énergie solaire, qui pénètre durant la saison froide par un bon fenêtrage sud, a cependant l'inconvénient évident d'être intermittente. Elle pourra surchauffer les espaces exposés, parfois même en plein coeur de l'hiver, ou à l'inverse, être totalement absente de la maison parfois durant plusieurs jours.

La solution serait donc de pouvoir mieux contrôler cette énergie en récupérant l'excédent de chaleur, ce qui aurait pour avantage d'éliminer toute surchauffe, et en le restituant plus tard lorsque le besoin s'en fera sentir.

MATÉRIAUX DE STOCKAGE

Compliqué? Non, car c'est ce que fait naturellement, dans un endroit ensoleillé, tout mur, plancher ou plafond d'une maison en maçonnerie (brique, pierre, béton), à la condition importante que cette maison ait une isolation extérieure permettant à la masse de matériaux de stocker la chaleur et de la restituer progressivement plus tard, par inertie thermique. LA MAISON PEUT STOCKER LA CHALEUR SOLAIRE COMME UNE CITERNE STOCKE L'HUILE.

Ces matériaux ont une fonction classique de support de l'édifice, une autre d'accumulation de chaleur solaire, qui permet d'accroître les gains solaires réalisés, et une troisième de volant thermique rendant possible une meilleure régulation naturelle de la température intérieure par la réduction des écarts dus aux fluctuations climatiques extérieures. De plus, en été, cette masse de matériaux pourra stocker la fraîcheur de la nuit pour la restituer le jour.



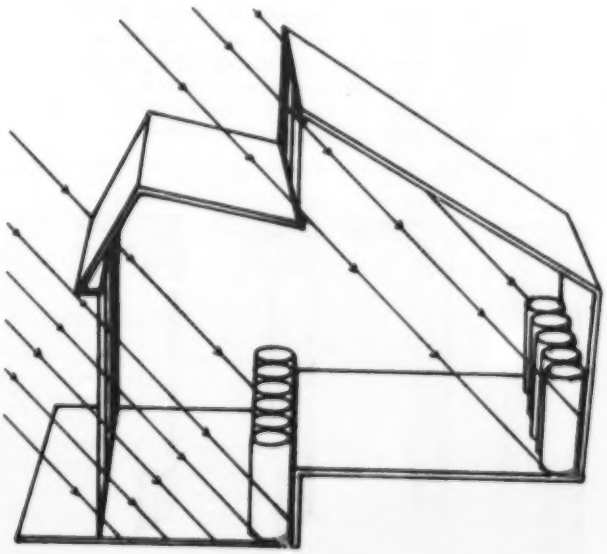
5 Exemples de masses thermiques constituées par des structures en maçonnerie

Surépaisseur

Le seul surcoût notable par rapport à une structure de maison conventionnelle est attribuable à la surépaisseur des matériaux qu'il est recommandé d'ajouter aux surfaces directement exposées aux radiations solaires, surfaces d'autant plus grandes que le fenêtrage sud est plus important. Il est préférable que les surfaces exposées soient de teinte foncée afin de mieux capter et emmagasiner la chaleur. On évite dans ce cas de poser à l'intérieur des moquettes ou des tapis qui seraient vite dégradés. Parfois, un seul élément peut servir de stockage: grosse cheminée en maçonnerie, mur intérieur épais en brique, grosse dalle en béton, etc.

Problèmes et solutions

En cas d'absence ou d'insuffisance de masses de matériaux accumulateurs en maçonnerie, par exemple dans les maisons toutes en bois (cas le plus fréquent au Québec), *il est possible d'ajouter sur la structure de la maison des éléments de stockage à eau*, par exemple des tubes cylindriques placés à proximité des fenêtres sud ou des murs à eau sud. Plusieurs dispositions sont possibles: panneaux-sandwiches remplis de sacs à eau, cuves à eau empilables en plastique renforcé, etc. Tous ces systèmes occupent en moyenne 2½ fois moins de volume que les masses de maçonnerie pour la même capacité calorifique.



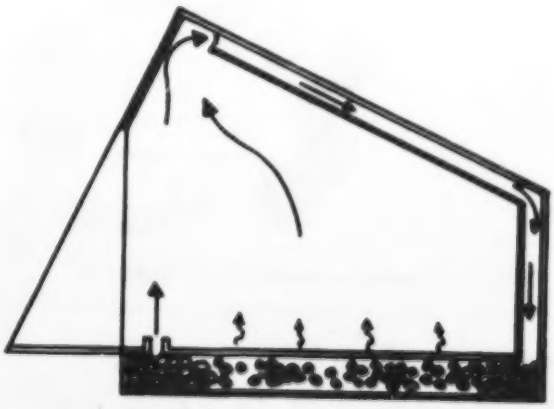
6 Masse thermique constituée par des éléments contenant de l'eau

On peut recourir à une deuxième solution, surtout en cas de très grand fenêtrage sud, pour éviter une surépaisseur importante des matériaux exposés. Elle consiste à *assurer la libre circulation de la chaleur solaire des espaces sud dans le reste des espaces habités de la maison*, soit par des moyens naturels (convection naturelle de l'air chaud ascendant à travers les cages d'escaliers, plafonds cathédrale, ouvertures entre les pièces, etc.), soit par des moyens mécaniques (ventilateurs).

Par exemple, dans le cas d'un système central à air pulsé, un thermostat disposé au sud arrêtera le système par beau temps, laissant fonctionner le ventilateur central qui répartira l'air chaud du sud dans tout l'édifice à travers le réseau conventionnel de gaines.

C'est donc vers un nouveau design intérieur plus ouvert entre les espaces habitables qu'il faut s'orienter, pour assimiler par journée ensoleillée les espaces sud vitrés à un vrai chauffage central. Cette disposition intérieure permet en outre de faire profiter l'ensemble de la maison de la chaleur excédentaire produite parfois dans les cuisines, par des gens rassemblés, etc.

Une troisième solution consiste à *canaliser l'excédent de chaleur solaire au moyen de gaines et de ventilateurs dans un espace de stockage bien isolé*: lit de pierres ou de galets sous la maison, chambre de stockage située au sous-sol ou au milieu de l'édifice et contenant des briques ou des bouteilles d'eau, etc. Par exemple, la prise de l'air chaud peut se faire dans la partie haute du volume habitable vers laquelle la chaleur monte librement; l'air chaud est ensuite conduit par des ventilateurs et des gaines vers un lit de galets sous la dalle de la maison.



7 Récupération de l'air chaud dans un lit de roches tenant lieu de plancher radiant

DISTRIBUTION DE LA CHALEUR

En général, la chaleur accumulée le jour est restituée la nuit par rayonnement et convection de l'air sur les matériaux accumulateurs. Dans le cas d'une chambre de stockage vers laquelle l'air chaud a été acheminé d'une manière forcée, la distribution vers les espaces habités peut se faire de façon contrôlée au moyen de ventilateurs et de systèmes de régulation de température, ou de façon naturelle par simple ouverture de grilles ou par radiation directe du stockage dans la maison: lit de galets servant de plancher radiant, gros cylindre en béton rempli de pierres placé au centre de la maison et rayonnant tout autour sa chaleur, ect.

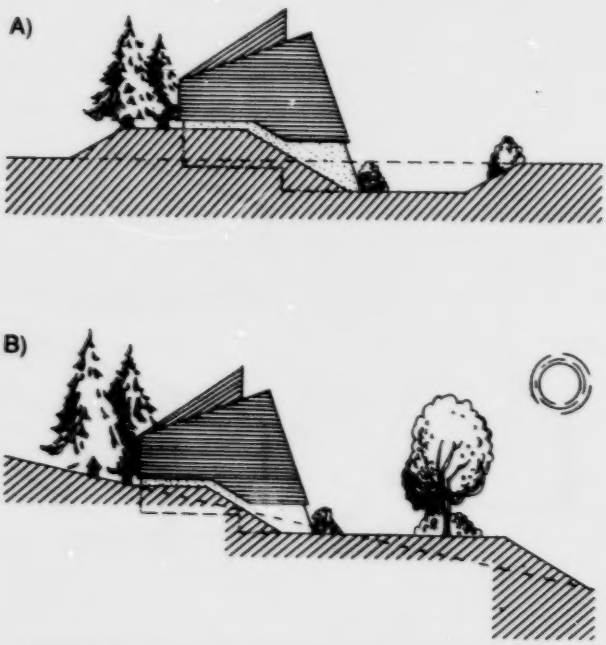
COMMENT MIEUX PROTÉGER SA MAISON DU FROID

La possibilité de capter, stocker et distribuer l'énergie solaire grâce à un simple aménagement architectural fera réaliser des économies d'énergie substantielles. Mais une certaine logique économique commande non seulement d'ouvrir la maison aux causes de réchauffement l'hiver (l'énergie solaire) mais aussi de la fermer aux causes de refroidissements (vents et froidures), afin d'aboutir à une consommation énergétique la plus réduite possible tout en offrant toujours un bon confort aux occupants.

Pour y parvenir, on aura encore recours à d'autres agencements qui vont permettre de retenir le mieux la chaleur intérieure et de minimiser le refroidissement de la maison par l'extérieur.

TERRAIN

Il est très avantageux d'enfouir plus ou moins profondément dans le terrain les parties de la maison plus particulièrement exposées au froid, en général les côtés nord, nord-est et ouest. Les façades ne seront alors plus entièrement exposées aux vents et aux froidures, et profiteront de la remarquable inertie thermique de la terre. Sur un terrain en pente bien orienté et allant en dégradé du nord au sud, il est facile d'obtenir en amont une petite surface nord exposée et de dégager en aval une grande surface sud.



8 Bonne disposition d'un terrain A) plat et B) en pente

Sur un terrain plat, il est avantageux de créer des buttes paysagées en remblai recouvrant le plus possible les parties exposés aux vents et froidures.

Tout sous-sol bénéficie de l'inertie thermique de la terre, sous la ligne de gel située en moyenne à 1 mètre de profondeur, ce qui lui garantit annuellement une température presque constante de l'ordre de 10 à 12° C, sans aucun apport de chauffage auxiliaire. Dans ce cas, la meilleure isolation thermique conseillée pour le sous-sol est une isolation extérieure descendant en oblique jusqu'à environ 30 cm de profondeur. Quant au sol-même situé sous la ligne de gel, il n'a pas besoin d'isolant. On peut améliorer encore ces procédés en cernant les parties enterrées de la maison d'un matelas de tourbe, abondante au Québec, qui drainera les eaux de pluie et accumulera la chaleur solaire emmagasinée par la terre.

ARBRES

Une solution simple consiste à planter des conifères (pins, sapins, épinettes) devant les parties froides et exposées aux vents de la maison, en général l'ouest, le nord et le nord-est. Ceux-ci, en gardant leur feuillage en hiver, la protègeront efficacement.

9 Conifères protégeant la maison des vents froids d'hiver

FORME GÉNÉRALE

La forme de la maison doit être conçue de manière à maximiser les espaces sud et minimiser les espaces nord et exposés. La forme idéale ressemble à un entonnoir ou à un tube cathodique de téléviseur dont le grand côté serait dirigé vers le sud, grâce à l'aménagement du terrain (enfouissements, buttes), à la toiture (longueur, pente) et au plan général de l'édifice (plan optimal: rectangle dont le grand côté sud égale 1,5 fois le côté est ou ouest; parfois trapèze avec grand côté sud).

L'édifice, dans sa forme, doit aussi être assez ramassée afin de pouvoir offrir un maximum de surface habitable dans un minimum d'enveloppe extérieure. On peut envisager la possibilité de tirer profit de l'utilisation des combles, des mezzanines, des sous-sols.

Il est évident que plus l'enveloppe de la maison en contact avec l'extérieur (vents et froidures) sera réduite, moins la maison perdra son énergie. Or, le moyen le plus efficace de réduire cette surface de déperdition est d'accoler sa résidence à d'autres demeures, en général par les façades est et ouest, les planchers et les plafonds, afin de dégager la façade sud. Ainsi, un appartement en condominium, bordé de tous côtés par d'autres demeures, sera plus économe d'énergie qu'une maison en rangée bordée de part et d'autres, laquelle sera plus économique qu'une maison jumelée qui l'est elle-même plus qu'une unifamiliale. L'appartement en condominium perdra en général deux fois moins d'énergie que le bungalow unifamilial, les surfaces habitables et les conditions d'isolation thermique étant supposées semblables.

ISOLATION THERMIQUE

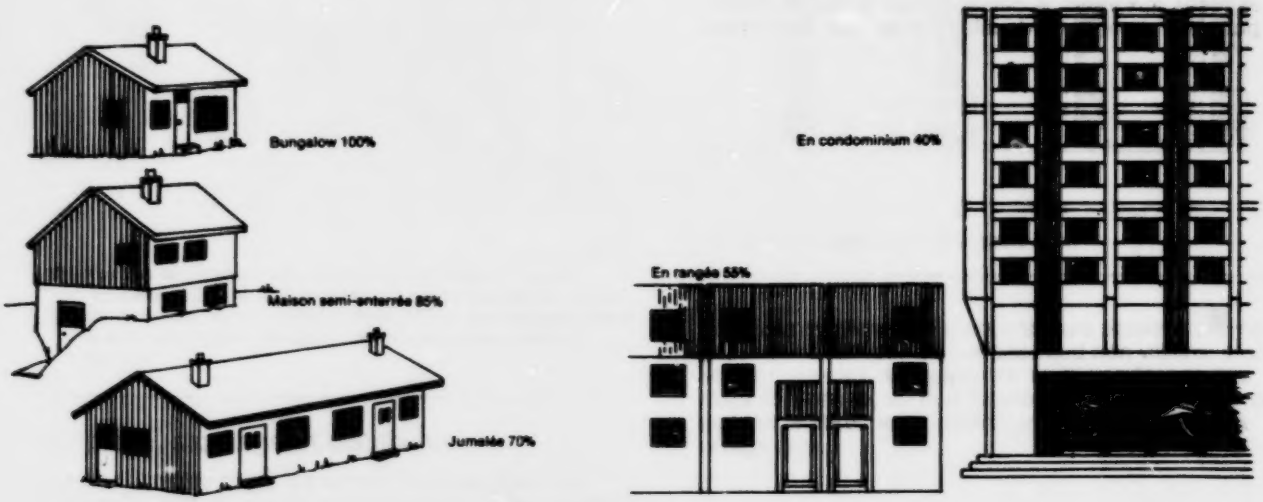
Étant donné les importantes économies autant de chauffage que de climatisation qu'offre une bonne isolation thermique, il vaut mieux justement ne pas se montrer trop économe sur la qualité et la quantité des matériaux isolants à employer.

L'isolation extérieure est préférable pour plusieurs raisons. Elle est plus efficace, car elle empêche les pertes de chaleur à travers les planchers et les murs intérieurs de structure dont les bords sont en contact avec l'extérieur (effet de pont thermique). Elle permet aussi à la structure de la maison de jouer pleinement son rôle de stockage de chaleur et de régulateur naturel de température intérieure autant en hiver qu'en été. De plus, la chaleur rayonnée ensuite par les matériaux accumulateurs donne un bon confort thermique sans qu'il faille trop chauffer l'air ambiant, qui deviendrait alors trop sec.

Il ne faut pas oublier d'isoler certaines parties du bâtiment souvent jugées secondaires. Il est vrai que l'air chaud a tendance à s'élever, mais celui-ci finira par s'échapper entièrement vers le bas si le haut de la maison est très bien isolé au détriment du bas. À l'inverse, il sera inutile d'isoler le plancher d'un sous-sol sous la ligne de gel s'il y a une isolation périphérique extérieure.

Il faut bien calfeutrer les portes et les fenêtres, sinon il en résultera une infiltration d'air très importante. Les fenêtres devraient être au moins à double vitrage au sud et à triple ou quadruple vitrage à l'est, à l'ouest et au nord. Tout système de volets, stores, persiennes ou rideaux, est bénéfique, surtout s'ils sont aluminisés. Si possible, il est préférable d'installer aux fenêtres des isolations mobiles dont la résistance thermique peut s'approcher de celle des murs, à condition qu'elles forment avec les vitres un tout bien étanche.

Chaque isolant doit être muni d'un pare-vapeur sur la face interne, évitant ainsi la dégradation (pourriture) de



10 Importance des pertes de chaleur par l'enveloppe extérieure, selon le type d'habitation: bungalow 100%; semi-enterrée 85%; jumelée 70%; en rangée 55% et en condominium 40%

l'isolant par condensation de l'air. Il doit aussi être ininflammable et garanti par le fabricant. De même, l'entretoit et les vides sanitaires doivent toujours être ventilés, sinon il y aura dégradation des isolants et de l'ensemble de la maison.

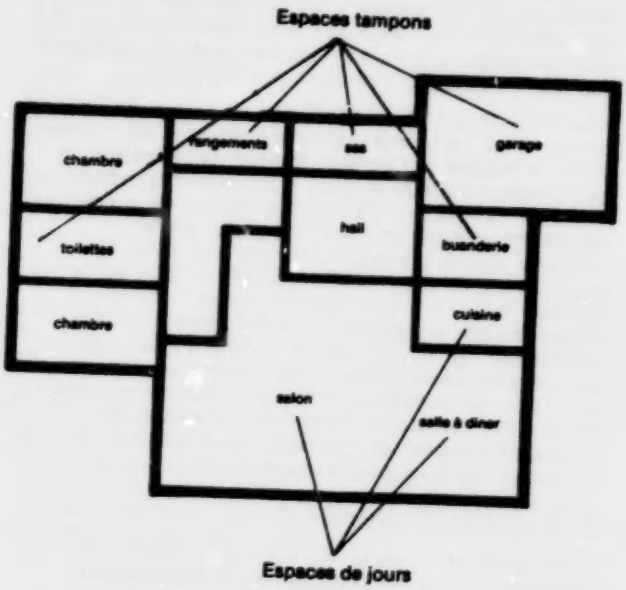
Enfin, il n'est pas mauvais pour sa propre santé de s'isoler soi-même en portant un bon chandail dans une pièce moins chauffée.

AGENCEMENT INTÉRIEUR

Il est conseillé de disposer au sud les pièces d'activités de jour, tels le salon, la salle à dîner, le bureau, etc., donc les plus souvent habitées, en évitant trop de cloisonnement entre elles, afin de laisser passer plus facilement la chaleur et la lumière du sud.

La cuisine est une pièce souvent surchauffée qu'il vaut mieux prévoir ailleurs qu'au sud. Les pièces de nuit, les chambres à coucher, devraient être situées à l'est, à l'ouest, au sous-sol ou à l'étage, tandis que, dans les parties de la maison froides et exposées au vent, il est recommandé d'aménager des espaces tampons bien cloisonnés. Ceux-ci nécessitent peu ou pas de chauffage et protègent mieux le reste de la maison du froid: ateliers, rangements, salles de jeux, toilettes, buanderies, etc. Ils peuvent aussi être prolongés à l'extérieur par des garages et des appentis pour le rangement du bois et des outils de jardinage.

Un espace tampon très important est le sas d'entrée, sorte de pièce de transition entre l'intérieur et l'extérieur, encaissant les écarts de température durant les entrées et les sorties de la maison, en mettant le reste de la résidence à l'abri de ces désagréables fluctuations. Le sas peut aussi servir de rangement et de vestiaire. Il faut éviter de le placer dans les coins exposés aux vents. À défaut de sas, il faut au moins prévoir un tambour à doubles portes bien calfeutrées.



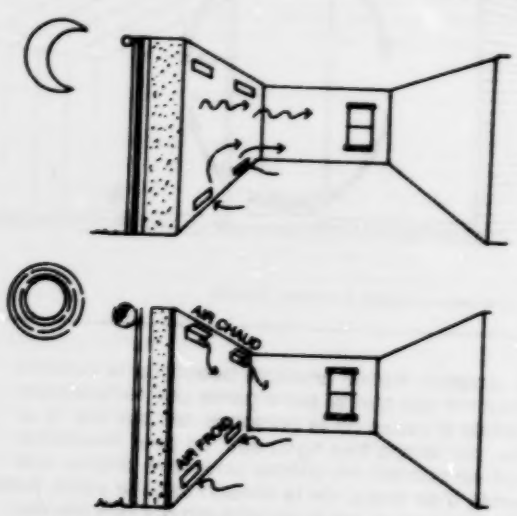
11 Différents espaces tampons

COMMENT AUGMENTER ENCORE LES GAINS D'ÉNERGIE SOLAIRE

Une maison qui tient compte du climat et en profite de la façon décrite précédemment, devient une maison solaire passive, c'est-à-dire capable, par le simple effet de son architecture, de capter, de stocker et de distribuer la chaleur du soleil. Il existe aussi d'autres procédés passifs, obéissant aux mêmes lois, qui peuvent aisément s'intégrer à l'édifice et augmenter encore les gains solaires obtenus. Ces procédés se regroupent généralement en deux types: les murs capteurs et les serres.

MURS CAPTEURS

L'exemple le plus classique est le mur Trombe, du nom de son inventeur Félix Trombe. Il s'agit d'un mur de béton orienté au sud, et épais d'environ 37 cm pour convenir au climat québécois. Il a l'avantage, outre sa fonction de supporter l'édifice, de jouer tout à la fois divers rôles passifs.



12 Principe de circulation de l'air pour le mur Trombe: le jour, échauffement de la surface du mur et circulation de l'air chaud dans la pièce; la nuit, radiation de la chaleur emmagasinée dans le mur vers la pièce et convection dans la maison (orifices fermés).

Captage, stockage et distribution

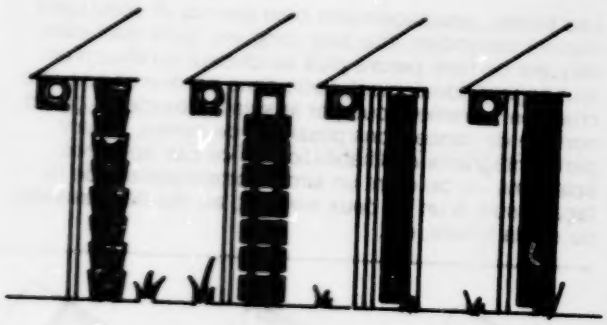
Le mur Trombe capte les rayons solaires grâce au vitrage double qui recouvre entièrement sa face externe peinte en foncé et qui est séparé de celle-ci par une épaisseur d'air. Cet air est chauffé par le soleil grâce à l'habituel effet de serre.

Il stocke la chaleur grâce à la grosse masse du mur qui absorbe la chaleur par sa surface externe foncée.

Le jour, l'air chauffé entre la vitre et le mur circule par convection naturelle jusqu'à l'intérieur du bâtiment puis retourne, refroidi, derrière le vitrage, par des orifices percés en bas et en haut du mur. La nuit, la chaleur emmagasinée dans la masse du mur traverse l'épaisseur et à ce moment rayonne dans l'espace intérieur et en réchauffe l'air. Les orifices sont fermés, manuellement ou automatiquement. En principe, la chaleur stockée par journée ensoleillée sera diffusée à l'intérieur durant la nuit.

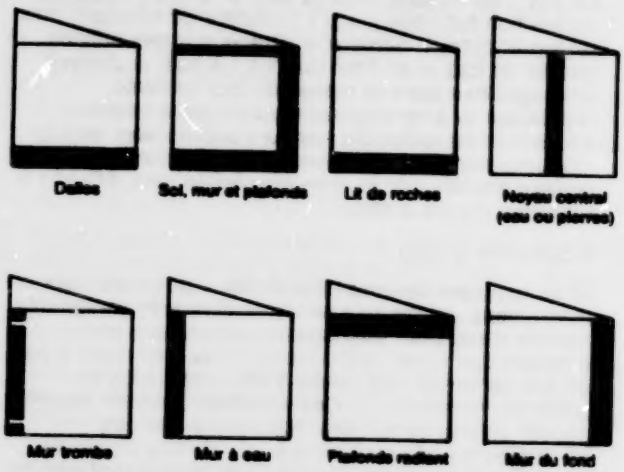
Capteurs à eau

Si on est dans l'impossibilité d'utiliser des matériaux en maçonnerie, on peut se servir de différents contenants remplis d'eau pour emmagasiner la chaleur, par exemple des tubes cylindriques à eau, des murs à eau en sac de vinyle, des cuves à eau empilables en plastique renforcé, etc. Ces systèmes peuvent laisser passer un peu de lumière. Rappelons que ces stockages à eau prennent environ 2½ fois moins de volume que de la maçonnerie, mais n'occupent pas de fonction de support. Avec notre climat québécois, une isolation mobile, recommandée pour un mur Trombe en maçonnerie, s'avère indispensable pour un mur à eau, lui évitant le gel par mauvais temps.



13 Différents types de murs capteurs à eau

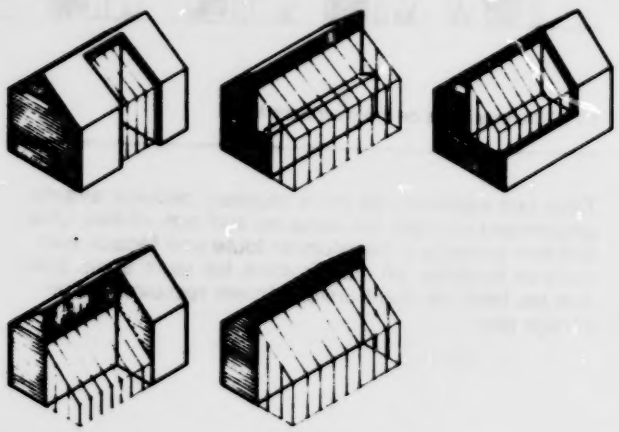
Tous ces systèmes de murs capteurs peuvent avantageusement occuper les surfaces sud non vitrées. Une solution consiste à transformer toute une façade sud, murs et fenêtres, en mur Trombe, les murs épais ainsi que les fenêtres étant uniformément recouverts d'un vitrage plan.



14 Récapitulation des différents types de masses thermiques employés pour une maison solaire passive: dalle; sol, mur et plafond; lit de roches; noyau central d'eau ou de pierres; mur Trombe; plafond radiant, mur du fond

SERRES

Les serres, aménagements bien connus et séduisants, doivent cependant être bien conçues, sans quoi elles risquent de faire perdre plus de chaleur qu'elles n'en font gagner. Idéalement, cette zone ne devrait pas être chauffée autrement que par le soleil. Il existe un grand nombre de conceptions possibles de serres, faisant partie intégrante de l'habitation en ce cas appelées solariums —, ou étant un simple prolongement de la façade sud, à un ou deux niveaux, au rez-de-chaussée ou sur la toiture, etc.

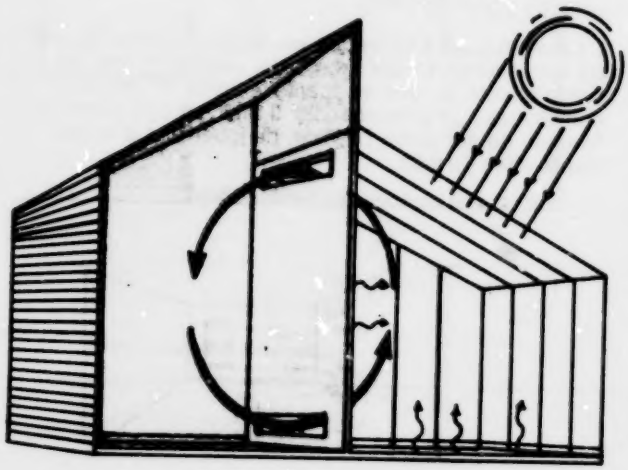


15 Différentes conceptions possibles de serres

Même principe

Les serres et le mur Trombe fonctionne à partir du même principe. La seule différence est que la surface vitrée n'est plus plane mais enveloppe tout un espace habitable et transparent, qui constitue la serre.

Les jours ensoleillés, l'excédent de chaleur circulera dans le reste de la maison par les orifices situés en haut et en bas du mur. La nuit, le mur distribuera la chaleur stockée vers la maison, mais aussi vers la serre.



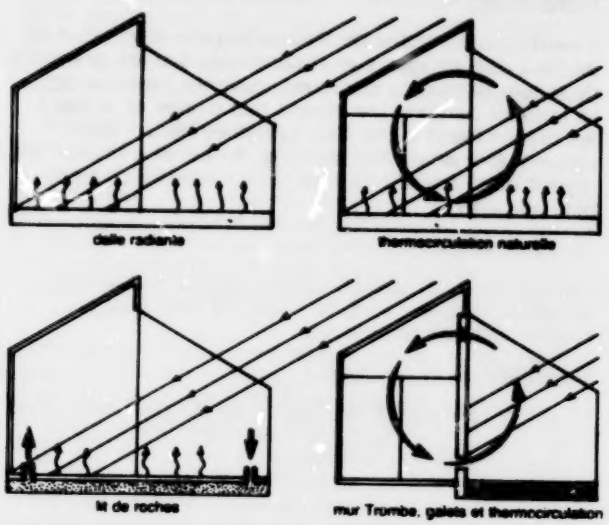
16 Une serre couplée à un mur Trombe

Une isolation mobile améliore beaucoup le système, surtout s'il faut que la serre garde une température minimale à cause de la présence des plantes. À la limite, par temps très rigoureux, on peut inverser le circuit en ouvrant les orifices pour faire circuler une quantité d'air chaud de la maison dans la serre, juste suffisante pour éviter le dépérissement des plantes.

Entièrement ouvertes

Une autre conception consiste en des serres entièrement ouvertes à l'espace de la maison. Elles multiplient alors l'effet des simples fenêtres au sud.

Pour éviter de grands écarts de température dans la maison, il faut une bonne masse thermique dans la serre et la maison. Plusieurs solutions qu'il est bon de combiner sont possibles. Elles sont les mêmes que celles définies précédemment: dalle en béton, circulation de la chaleur excédentaire dans une partie ou dans l'ensemble de la maison, conduite forcée vers une chambre de stockage ou un lit de galets, etc.).



17 Différentes masses thermiques utilisées pour les serres: dalle radiante; circulation naturelle de la chaleur; lit de roches; mur Trombe, galets et thermocirculation

Les isolations mobiles recouvrant les serres durant les nuits froides sont indispensables, sans quoi ces serres seront la cause d'une perte de chaleur importante.

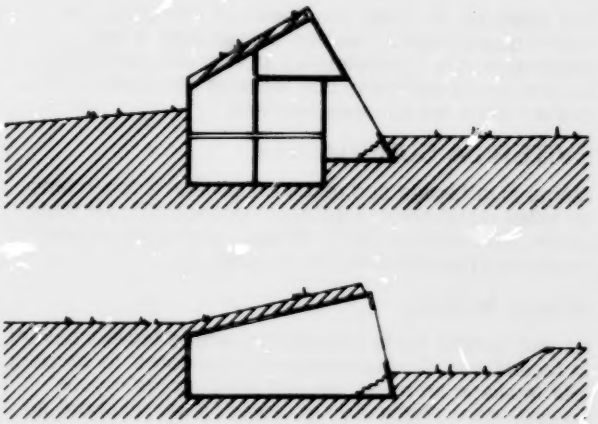
Toutefois, la solution de séparer la serre de l'espace de la maison par un vitrage est préférable. Dans ce cas, la serre devient un espace tampon supplémentaire protégeant mieux la maison du mauvais temps, et un espace habitable par beau temps. Dans le cas d'une telle serre à usage intermittent, une masse thermique importante n'est pas toujours indispensable, à moins qu'il s'y trouve des plantes exigeant une température relativement constante. Les systèmes d'isolations mobiles ou de stores amovibles serviront non seulement les nuits d'hiver mais aussi protégeront du soleil d'été. Il est aussi recommandé de prévoir une évacuation de l'excédent de chaleur par beau temps l'hiver, de la serre au reste de la maison (ouverture des portes-patio, ventilateurs, etc.).

MAISONS ENTERRÉES

Ce type de maison est basé sur la plupart des procédés passifs habituels (grande façade sud vitrée, inertie thermique intérieure, isolation des fenêtres, climatisation d'été, etc.). La différence est qu'elle maximise une composante particulière: l'effet d'inertie thermique de la terre.

Sous la ligne de gel, la terre garde une température presque constante toute l'année, de 10 à 12° en moyenne. Ainsi, la maison dont la plus grande partie de l'enveloppe est en contact avec la terre (enfouissement, buttes, épaisseur de terre sur la toiture), profite de cette température qui la réchauffe en hiver et la refroidit en été. La luminosité provenant de la façade sud vitrée est en général excellente.

La façade sud doit être traitée comme dans tous les cas de maisons passives. Certaines de ces maisons enterrées ou semi-enterrées font des économies de chauffage et de climatisation allant jusqu'à 70% par rapport à des maisons conventionnelles. Il faut cependant que l'enveloppe en contact avec la terre soit bien étanche, qu'il y ait un bon drainage agricole en amont et que la stucture de la maison soit prévue pour résister à la poussée et à la charge de la terre sur la toiture. On peut alors faire un jardin sur son propre toit!



18 Maisons enfouies dans le sol

COMMENT CLIMATISER NATURELLEMENT SA MAISON EN ÉTÉ

Il est plus facile de rafraîchir en été une maison dont la façade principale est orientée au sud.

En effet, ce sont surtout les côtés est et en particulier ouest qui sont l'objet de surchauffe estivale. Ces côtés sont 2½ fois plus exposés qu'en hiver au rayonnement d'un soleil ardent le matin et surtout l'après-midi, assez bas sur l'horizon, qui les frappe assez directement et longuement (lever au nord-est et coucher au nord-ouest); alors qu'au sud, le soleil, très haut sur l'horizon, frappe surtout la toiture — ventilée — de la maison.

Les côtés est et ouest, plus petits et peu vitrés, ne seront quand même pas trop surchauffés. Il est cependant utile d'installer des stores, des persiennes ou des lames verticales aux fenêtres afin d'atténuer la chaleur dans les espaces exposés.

ÉVITER LA SURCHAUFFE

Même si la façade sud reçoit en général 2 fois moins de soleil qu'en hiver, il est recommandé d'éviter toute pénétration estivale par le vitrage. Les solutions sont multiples et faciles à mettre en place.

Arbres feuillus

La plus simple est la plantation d'arbres feuillus devant la façade sud. Contrairement aux conifères, ils perdent leur feuillage en hiver, laissant pénétrer les rayons solaires dans l'habitation et, après l'avoir récupéré au printemps, ils ombragent la maison en été. Donc, le cycle saisonnier de ces arbres s'adapte parfaitement au cycle thermique de la maison.

19 Arbres feuillus rafraîchissant la maison en été

Pare-soleil

Il existe toutes sortes de dispositifs pare-soleil. Placés en haut des vitrages sud et constitués par les avancées de toiture (larmiers), portiques, auvents, balcons, etc., ils laissent pénétrer les rayons bas d'hiver et arrêtent les rayons hauts d'été. Ces systèmes horizontaux peuvent être amovibles ou fixes. À l'est et à l'ouest, les rayons étant assez bas, des lames verticales seront plus efficaces.

Systèmes divers

Les systèmes de stores, rideaux, volets, persiennes, isolations mobiles, sont, tout comme pour l'est et l'ouest, valables pour le sud.

Ventilations d'air frais

La climatisation peut être renforcée par des ventilations d'air frais, qu'il est facile de créer dans une maison solaire passive, par une ouverture au nord et une au sud, l'air frais entrant au nord et l'air chaud étant évacué au sud; ou encore par une ouverture au nord avec une autre en partie haute de la maison qui évacue l'air chaud (lanterneau, lucarne). Il est aussi possible d'ouvrir le registre d'une éventuelle cheminée pour créer un appel d'air au nord.

Stocker la fraîcheur

La structure de la maison à forte inertie thermique permet de stocker la fraîcheur nocturne (fenêtres ouvertes) pour la restituer le jour (fenêtres protégées). Cela est d'autant plus efficace qu'une bonne isolation thermique permet à la maison de mieux garder la fraîcheur et la protège de l'excessive chaleur extérieure.

Teinte claire

La surface extérieure de la maison et surtout la toiture bien ventilée devraient être de teinte plutôt claire afin de mieux réverbérer les rayons d'été. Seuls les éléments captant l'énergie solaire en hiver seront de couleur foncée absorbant mieux la chaleur: murs Trombe, dalle sud, etc.

Évent

Les systèmes particuliers, comme les murs Trombe et les serres, doivent obligatoirement comporter un évent en partie haute, qui une fois ouvert, par effet de cheminée, évacue l'air chaud à l'extérieur, créant un appel d'air frais provenant d'une ouverture généralement au nord.

Inertie thermique

Les maisons enterrées sont climatisées très naturellement. Les trois quarts de l'enveloppe de la maison sont en contact avec la terre, profitant ainsi de son inertie thermique importante qui la réchauffe en hiver et la rafraîchit en été. La façade sud très vitrée doit être traitée pour être protégée du soleil comme dans les cas de maisons passives classiques.

Comment préparer votre maison à la venue de nouveaux équipements solaires

La maison à haut rendement énergétique, qui résulte de la mise à profit de l'énergie solaire, fera réaliser des économies de chauffage et de climatisation d'autant plus importantes que le prix des énergies conventionnelles — non renouvelables — ne cesse d'augmenter.

L'avantage supplémentaire d'une telle maison est de pouvoir accueillir plus facilement dans l'avenir de nouveaux modes de chauffage qui sont actuellement trop coûteux ou à un stade encore expérimental. Il n'est donc pas absolument nécessaire d'aboutir tout de suite à une conception et un agencement énergétiques définitifs de l'habitation, mais il est utile de rendre sa maison apte à intégrer ultérieurement des équipements prometteurs.

Ces équipements ou ces agencements qui font d'une maison ordinaire une maison supérieure sur le plan énergétique, peuvent se diviser en trois catégories, selon qu'on fait appel au solaire passif dont nous avons parlé abondamment, aux systèmes solaires actifs ou aux autres modes de chauffage — dont il sera question plus loin.

SOLAIRE PASSIF ET ACTIF

Ces deux catégories de solaire sont théoriques et il serait vain de les mettre en concurrence car, d'une part, elles interfèrent souvent entre elles, et d'autre part, elles peuvent se compléter très avantageusement. Le solaire passif emploie parfois des moyens mécanisés donc actifs (ventilateurs) ou du moins réclame un minimum de participation active de la part des usagers (ouverture et fermeture de stores, clapets, registres, etc.). Le solaire actif peut, quant à lui, s'intégrer d'une manière très bénéfique à une structure passive.

CHAUFFAGE AUXILIAIRE

Toutefois, les deux systèmes, même combinés, nécessiteront encore un chauffage auxiliaire capable de combler tous les besoins en cas de périodes prolongées de mauvais temps. En effet, l'autonomie énergétique de la maison par le solaire est techniquement réalisable, mais exige, au fur et à mesure qu'elle se réalise, des efforts et des investissements qui sont actuellement peu justifiables. On peut déjà gagner 50% environ d'énergie dans une maison solaire passive à haute conservation d'énergie par rapport à une maison classique, et environ 25% d'énergie peut encore être raisonnablement gagné par un système actif ultérieur. Quant à l'indispensable chauffage auxiliaire, il peut être lui aussi diversifié et amélioré par des technologies nouvelles.

SOUCI D'HARMONISATION

Il sera donc important d'harmoniser l'ensemble de ces systèmes. CERTAINS SYSTÈMES POURRONT S'INTÉGRER À LA MAISON PAR ÉTAPES, en offrant à l'utilisateur une diversification de moyens qui préviendront les risques de pénurie d'un seul mode de chauffage classique qu'on serait porté à employer exclusivement. PLUSIEURS DE CES SYSTÈMES POURRONT AUSSI S'ADAPTER À DES MAISONS EXISTANTES À L'OCCASION DE TRAVAUX DE RÉNOVATION OU DE RÉFECTION.

LE SOLAIRE PASSIF

Le solaire passif, entièrement basé sur les notions vues précédemment, concerne autant la gestion de l'énergie solaire d'hiver et d'été que la haute conservation d'énergie qui est un prérequis indispensable. Ces maisons à haut rendement énergétique ne coûtent pas tellement plus cher que les maisons conventionnelles, pourvu qu'on intègre dès le départ les notions de base (orientation, fenêtrage, forme, isolation, agencement intérieur, etc.).

D'autres éléments pourront éventuellement s'ajouter par la suite. Précisons-les.

MATÉRIAUX ET PRODUITS

Le stockage le plus simple, constitué par la *structure en maçonnerie de la maison*, est difficilement réalisable par étapes. Par contre, les systèmes de stockage à eau peuvent être ajoutés plus tard et présentent un intérêt pour les maisons existantes manquant de matériaux accumulateurs d'énergie solaire.

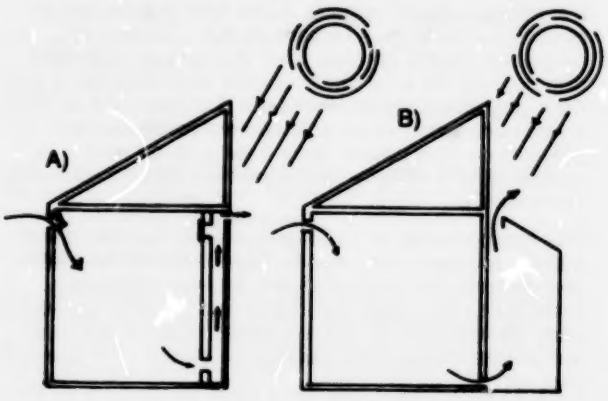
Il existe de nouveaux produits prometteurs à chaleur latente, constitués en général de sels hydratés devenant liquides en absorbant la chaleur et retournant à l'état solide en la restituant, contrairement à l'eau ou à la maçonnerie qui accumulent la chaleur par leur simple masse plus ou moins dense. L'avantage incontestable des *produits à chaleur latente* réside dans leur très faible encombrement. À capacité calorifique égale, ils sont environ 3 à 4 fois moins volumineux que l'eau, elle-même environ 2½ fois moins volumineuse que les roches. Ces produits peuvent être contenus dans des tuiles, des sacs, des boîtes ou des blocs de béton cellulaire. Certains sont déjà commercialisés.

Enfin, *des espaces de stockages bien isolés*, vers lesquels l'air chaud sera conduit d'une manière forcée, peuvent être prévus dans un coin du sous-sol, avec arrivée et retour d'air (gaines et ventilateurs). Ils peuvent être constitués de briques, pierres, galets, bouteilles à eau, produits à chaleur latente, etc.

MURS CAPTEURS

Même s'il est préférable de les installer à la construction de la maison, leur intégration ultérieure est souvent très possible, même dans les cas de maisons existantes présentant une façade sud ou à plus ou moins 30° par rapport au sud. Une isolation extérieure sera pratique à enlever aux endroits où devront s'intégrer ces systèmes, en général sur toute surface sud non vitrée. Si elle n'est pas prévue à la construction, une surépaisseur devrait s'ajouter au mur, soit en maçonnerie, soit en mur à eau doublé, soit en produits à chaleur latente. Dans certains cas, c'est toute la façade sud, murs et fenêtres, qui peut devenir un mur Trombe, recouverte d'une surface uniforme de vitrage, l'espace d'air plus ou moins grand compris entre la vitre et le mur pouvant être aussi utilisé comme espace serre.

À l'inverse, un vitrage peut aussi être prévu, utilisé comme mur capteur avec éclairage direct. Des tubes cylindriques à eau pourront être disposés à l'arrière des vitrages ou encore des murs obliques laissant entrer le soleil du matin et accumulant les radiations de l'après-midi.



20 Ventilation dans le cas A) d'un mur Trombe (effet de cheminée) et B) d'une serre

Rappelons que ces systèmes seront nettement améliorés par la pose d'isolations mobiles qui seront fermées les soirs et les nuits froides et serviront de pare-soleil en été. Des évents devront aussi être envisagés dans la partie haute de la maison pour la ventilation d'été.

SERRES

Dans les conceptions architecturales nouvelles, les serres font en général partie intégrante de la maison. On les appelle alors solarium. Toutefois, il est facile de les intégrer par la suite, même dans le cas de maisons existantes qui présentent des façades sud ou à plus ou moins 30°. Ouvertes à l'espace de la maison directement, ou séparées par un vitrage, elles peuvent par journée claire servir de chauffage central, distribuant l'air chaud dans l'édifice — cela dépendra du design intérieur — ou dans un réservoir de stockage, tel un lit de galets sous la maison. Les serres peuvent aussi avoir leur propre stockage intégré (serres sur une dalle de béton ou sur une fosse remplie de roches, cuves à eau ou sels hydratés, etc.). Plusieurs de ces systèmes peuvent être combinés selon les cas.

Pour une serre qui est décidée d'avance, il est mieux d'étudier en même temps l'intégration des isolations mobiles les mieux appropriées.

Des vitrages sud supplémentaires peuvent être percés dans des maisons existantes, plus facilement dans les maisons en bois, mais il est préférable à ce moment-là d'intégrer des serres habitables qui, à elles seules, multiplient les possibilités offertes par de simples fenêtres. Des lanterneaux ou des lucarnes peuvent

aussi être percés dans la toiture permettant ainsi un meilleur éclairage naturel de la maison et servant en été pour la ventilation.

21 Deux exemples de rénovations solaires: mur Trombe et serre

ISOLATION THERMIQUE RENFORCÉE

Il est déconseillé d'isoler sa maison par étapes car, si elle est réalisée en une seule fois, le surcoût correspondra presque uniquement à la surépaisseur du matériau, alors que, si elle est réalisée en plusieurs étapes, il comprendra la main-d'oeuvre, l'isolant et les travaux de réfection. En regard des dernières règlementations sur les économies d'énergie dans le bâtiment, il ne faut pas craindre d'augmenter encore, en proportion, les résistances thermiques minimales indiquées, ce qui ne fera que devancer de futures règlementations plus exigeantes.

ISOLATION MOBILE DES VITRAGES

Il est difficile de prévoir d'une manière générale l'installation de ces équipements étant donné leur diversité. Le mieux serait, à la conception de la maison, d'étudier les catalogues des divers systèmes afin de choisir les mieux adaptés au type de maison. Plus la maison tend vers une conception à haut rendement énergétique, plus ces systèmes deviennent des éléments essentiels.

AUTRES INNOVATIONS ATTENDUES

Des vitrages plus performants, améliorant encore l'effet de serre ou la transmission de la lumière, d'autres pouvant servir tout à la fois de capteur, pare-soleil et isolant thermique, sont à l'étude. Des vitrages à haute résistance thermique à vide d'air total sont en cours d'expérimentation et permettraient à un fenêtrage sud d'atteindre des bilans thermiques très élevés.

Des éléments préfabriqués de serres et de murs capteurs avec isolation mobile intégrée, pourront dans un avenir proche être commercialisés à grande échelle. L'électronique fera aussi son apparition dans la maison en s'occupant de la gestion énergétique: les microprocesseurs, sorte de mini-ordinateurs de contrôle, à l'aide de détecteurs de températures et d'informations mémorisées, peuvent régler automatiquement les ouvertures et fermetures de ventilateurs, les isolations mobiles, les gaines de stockage, les orifices de murs Trombe, les évents de climatisation, etc.

LE SOLAIRE ACTIF

Le solaire actif remplit les mêmes fonctions de captage, stockage et distribution de l'énergie solaire que le solaire passif, à la différence qu'il repose sur des éléments mécanisés et ajoutés à la structure du bâtiment.

FONCTIONNEMENT

Les capteurs sont en général des capteurs plans logés sur la toiture sud ou la façade sud du bâtiment. Ils se distinguent surtout par le fluide qu'ils doivent chauffer, en général de l'air ou de l'eau. Les capteurs sont constitués d'une vitre simple ou double qui recouvre une lame d'air et une plaque foncée, l'absorbeur. Ce dernier est traversé par le fluide et repose sur un isolant thermique évitant les pertes de chaleur par l'arrière. Tous ces éléments s'emboîtent dans un caisson étanche. Par effet de serre, la plaque, en général métallique, par sa teinte foncée et sa texture, absorbe la chaleur qu'elle transmet au fluide. Celui-ci ainsi chauffé, appelé fluide caloporteur, sera dirigé vers un réservoir de stockage ou sera directement distribué dans la maison. La distribution de l'énergie dans la maison peut s'effectuer de différentes manières: naturelle ou contrôlée, couplée ou non à un système de distribution conventionnel.

POSSIBILITÉS

Le solaire actif peut non seulement assurer le chauffage de l'espace mais aussi celui de l'eau domestique et de l'eau des piscines. Il est cependant toujours assisté de mécanismes électroniques de contrôles automatiques assurant la circulation du fluide du capteur au stockage et du stockage à la maison et ouvrant ou fermant les circuits selon les circonstances.

Comme pour le solaire passif, une conception d'habitation à haute conservation d'énergie est un prérequis important. Pour le chauffage de l'espace, une conception passive peut aussi servir de base intéressante à la venue d'un système actif. En effet, par journée ensoleillée, la conception passive permet de chauffer la maison tandis que le système actif chauffera directement le stockage.

À défaut de conception passive, l'actif va devoir d'abord réchauffer l'espace de la maison avant de stocker l'énergie qui reste à ce moment-là inemployé. De plus, les stockages peuvent aussi se compléter. En général le solaire passif stocke la chaleur du jour pour la nuit tandis que l'actif peut la stocker pour plusieurs jours. Mais la combinaison des deux va nécessiter un emploi optimal des façades et des toitures sud. C'est bien sûr au concepteur de décider à l'avance de la place plus ou moins grande qu'il veut réserver à l'un ou l'autre de ces systèmes.

Grâce à une observation plus approfondie des systèmes actifs, à travers les filières principales à eau ou à air, nous pourrons identifier les systèmes les plus prometteurs et les plus aptes à s'intégrer à un ensemble homogène.

CHAUFFAGE DE L'ESPACE

1er cas: l'eau est le fluide caloporteur

Captage

Les capteurs à eau peuvent fournir des rendements plus ou moins élevés, de 30 à 70%, qui sont pratiquement proportionnels au coût du système.

Comme pour tout système de plomberie classique, les problèmes reliés à ces capteurs sont la corrosion et les fuites mais surtout les risques de gel, fréquents au Québec. Deux solutions sont alors possibles: employer pour le circuit des capteurs de l'antigel-glycol comme fluide caloporteur ou utiliser de l'eau avec un système de vidange. Dans le premier cas, l'antigel-glycol fournit ses calories au stockage par l'intermédiaire d'un échangeur, un serpentin en cuivre logé dans le réservoir de stockage. La seconde solution consiste à employer directement de l'eau qui sera drainée dans un réservoir de vidange sous le contrôle d'un thermostat. dès que la température extérieure descendra au-dessous d'un certain seuil. On évitera alors l'emploi d'antigel et d'échangeur et on améliorera souvent l'efficacité du système.

Stockage

Le stockage à eau se fait généralement dans de grands réservoirs bien isolés, logés dans le sous-sol ou enfouis dans le terrain. Ces réservoirs possèdent ou non un échangeur de chaleur selon les solutions choisies pour éviter le gel.

L'emploi de l'eau comme accumulateur est très pratique, car elle possède une bonne capacité calorifique et ne coûte pas cher -c'est le réservoir qui est assez coûteux.

Distribution

Un deuxième problème important se pose: la distribution. En effet, comment transférer la chaleur accumulée par l'eau dans l'espace de la maison? Autrement dit, quel échangeur de chaleur eau-air faut-il adopter?

Encore là différentes solutions s'offrent.

— Il est possible de coupler le stockage à un système conventionnel de distribution par radiateurs à eau qui ne sont rien d'autre que des échangeurs eau-air. Mais ces radiateurs à eau sont conçus en général pour des températures ne descendant pas en-dessous de 60°C; or les températures obtenues dans le stockage vont de 30° à 70°C, rendant ces derniers peu efficaces. L'eau chaude solaire servira donc surtout dans ce cas au préchauffage de la fournaise centrale qui devra fonctionner la plupart du temps.

— Le système de plancher radiant, qui consiste à coupler au stockage solaire un réseau étroit de tuyaux coulés dans la dalle, permet une distribution efficace par le sol de la chaleur à de basses tempé-

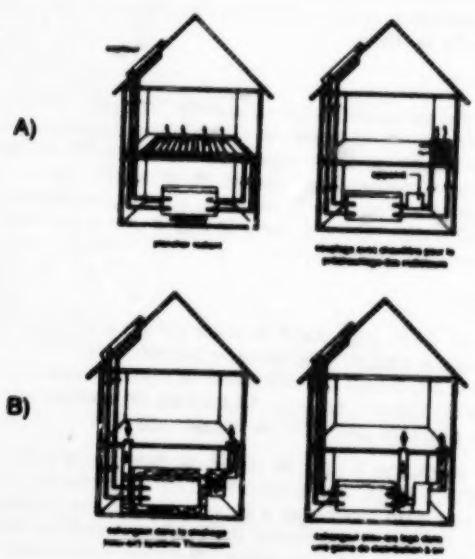
ratures correspondant à celles de l'installation solaire. Le seul inconvénient du système est le temps de réponse assez lent de la dalle rayonnant la chaleur. C'est de plus un système qu'il faut adopter dès la construction de la maison.

— L'échange eau-air peut se faire au niveau du stockage plutôt qu'à celui de la distribution (radiateurs). Un système simple souvent utilisé, appelé Thomason du nom de son inventeur, consiste en un réservoir d'eau non isolé et entouré de roches ou galets. Ainsi, la chaleur va du réservoir à eau au stockage périphérique en pierre. Une entrée et une sortie d'air permet de diriger vers la maison l'air chaud ayant traversé les pierres. Le stockage en pierre offre au réservoir à eau, une capacité calorifique supplémentaire. D'autres systèmes d'échangeurs eau-air peuvent être logés dans les gaines de distribution d'air (longs serpentins en cuivre).

— La distribution peut aussi se faire d'une manière passive par convection de l'air autour de la cuve de stockage, cet air circulant ensuite dans la maison.

— Une solution intéressante mais plus coûteuse consiste à coupler le réservoir solaire à une pompe à chaleur eau-air qui aura l'avantage d'améliorer le rendement des deux systèmes.

Une unité de circulation placée en général à proximité du réservoir commande automatiquement, grâce aux informations transmises par divers thermostats, le fonctionnement du circuit: du capteur au stockage, du stockage à la distribution ou au drainage automatique de l'eau.



22 Différents types de distribution pour les systèmes solaires actifs à eau: A) distribution à eau; B) distribution à air

2e cas: l'air est le fluide caloporteur

Captage

Il existe une grande variété de capteurs à air de tous les prix correspondant à tous les rendements qui sont de 30 à 70% en moyenne. Il n'y a aucun problèmes de corrosion ni de gel. Toutefois, les fuites éventuelles, quoique moins graves, sont plus difficiles à déceler et abaissent le rendement du système. Par ailleurs, l'air plus ou moins pollué et poussiéreux peut à la longue détériorer les capteurs, mais on peut installer des filtres à air.

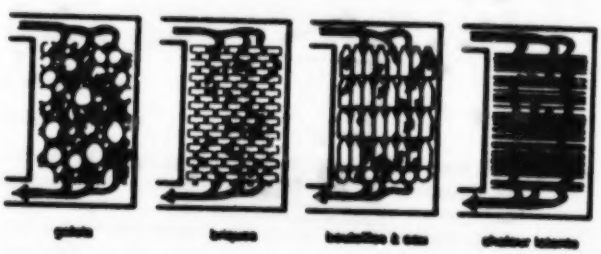
Stockage

Une certaine diversité de choix est offerte.

— Des stockages à pierres, roches ou galets, peu chers mais assez encombrants, sont le plus souvent employés.

— De l'eau peut aussi être utilisée: sacs de plastique reposant sur des blocs de béton creux dans lesquels circule l'air; rayonnage de bouteilles ou autres petits contenants à eau, l'air circulant aussi entre eux, etc. Cependant, les dimensions de ce genre de stockage sont pratiquement les mêmes que pour les pierres.

— Enfin, les produits à chaleur latente (paraffine, sels hydratés), qui peuvent être montés par l'utilisateur ou déjà contenus dans des unités autonomes avec entrée et sortie d'air, constituent un stockage d'avenir très prometteur. Les dimensions peuvent être de 8 à 10 fois moindres que celles d'un stockage à pierres.



23 Exemples de stockage pour systèmes actifs à air: galets, briques, bouteilles à eau et chaleur latente

Distribution

Le principal attrait de l'air est que d'une part, il est chauffé directement dans les capteurs et peut être distribué dans la maison sans qu'on ait besoin d'échangeur — souvent ce sont deux échangeurs qu'on retrouve dans le cas de l'eau: glycol-eau, eau-air; et d'autre part, l'air peut être directement distribué dans la maison jusqu'à des températures assez basses

pouvant descendre jusqu'à 30°C sans qu'on ait besoin de chauffage d'appoint. Donc, les températures moyennes de l'installation solaire, de 20 à 60°C, sont bien adaptées à ce genre de fluide.

La distribution peut prendre diverses formes.

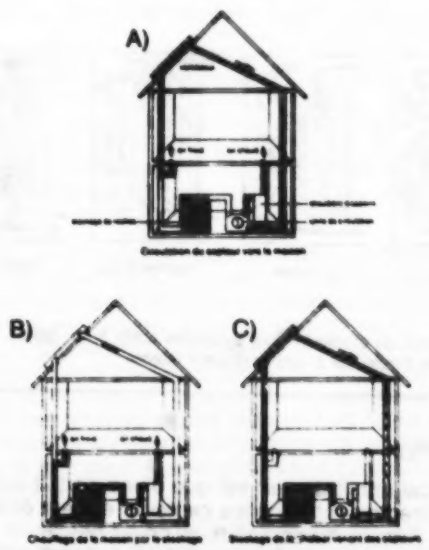
— L'installation solaire peut être couplée à un système de distribution conventionnel à air pulsé, qui sera beaucoup moins utilisé que dans le cas d'un système à eau couplé à des radiateurs à eau.

— Dépendant du design intérieur, l'air chaud du stockage peut être envoyé directement dans l'espace de la maison. Il circulera à travers les espaces ouverts avant de retourner, refroidi, au stockage. Il suffit alors de prévoir une gaine de sortie et de retour d'air.

— La distribution de chaleur peut se faire d'une manière passive par un lit de galets sous la maison, tenant lieu de plancher radiant, ou par des colonnes de pierres au centre de la maison rayonnant la chaleur alentour, etc.

— Elle peut être couplée à une pompe à chaleur air-air.

Une unité de circulation, en général centralisée et constituée d'un appareil monobloc placé à proximité du stockage, contrôle l'ensemble du système. Grâce aux informations reçues par les thermostats, elle ouvre ou ferme les circuits capteurs-stockage et sotckage-distribution, et peut contrôler la vitesse du flux et enclencher la fournaise centrale conventionnelle.



24 Schéma du fonctionnement d'un système actif à air: A) circulation de l'air des capteurs à la maison; B) chauffage de la maison par le stockage; C) stockage de la chaleur venant des capteurs

SAVOIR PRÉPARER SA MAISON À RECEVOIR DES ÉQUIPEMENTS SOLAIRES ACTIFS POUR LE CHAUFFAGE DE L'ESPACE

Captage

Emplacement

En général, les capteurs peuvent être disposés sur les toitures et éventuellement sur les façades, en fonction de la place laissée disponible par le fenêtrage passif, et dans certains cas, sur le terrain avec une structure porteuse prévue à cet effet, ou même sur une bâtisse adjacente.

Orientation

Elle doit être plein sud ou plus ou moins 30° par rapport au sud.

Inclinaison

Le chauffage des lieux s'effectuant surtout l'hiver lorsque le soleil est assez bas sur l'horizon, l'inclinaison optimale est d'environ 60° par rapport à l'horizontale pour le Québec (latitude du lieu plus 15°) et peut aller jusqu'à 70° afin de mieux évacuer la neige. Pour des façades qui n'ont pas l'inclinaison optimale, l'ensoleillement moindre est largement compensé par la réverbération des radiations sur la neige et l'apport des rayons diffus. Les pentes de 45° courantes au Québec peuvent à la rigueur être utilisées.

Surcharge

La charpente doit être renforcée d'environ 15 à 40 kg par m² pour pouvoir supporter la charge supplémentaire des capteurs, qui est minime par rapport à la surcharge de la neige.

Surface

En prenant des capteurs de rendement moyen (50%) pour une maison classique de 100 mètres carrés habitables située dans la région de Montréal, 25 m² de capteurs permettraient de couvrir environ 25% des besoins de chauffage de la maison. On pourra atteindre de 40 à 50% des besoins dans le cas d'une maison à haut rendement énergétique.

Stockage

En général, il est logé dans le sous-sol ou parfois, pour un réservoir à eau, enfoui dans le terrain. Pour un stockage à air, il faut prévoir, pour la même maison classique de 100 m², environ 14 tonnes de roches ou de galets pouvant prendre un volume de 6 m³.

Dans un stockage à eau, le réservoir bien isolé pourrait être de 2 000 litres, soit environ 2,5 m³ de volume. Dans le cas d'un stockage à air employant des produits à chaleur latente, c'est moins de 1 m³ qu'il suffirait de prévoir.

Tous ces stockages peuvent avoir une autonomie allant de 1,5 jour (pour la maison classique) à 3 jours (pour une maison de surface équivalente à haut rendement énergétique).

Il est bon de prévoir un espace tout près du stockage pouvant contenir l'unité de circulation (plus volumineuse dans le cas de l'air à cause des diverses gaines) et d'autres systèmes éventuels (pompes à chaleur). L'ensemble pourra être placé tout près d'une fournaise centrale si celle-ci est couplée au système solaire.

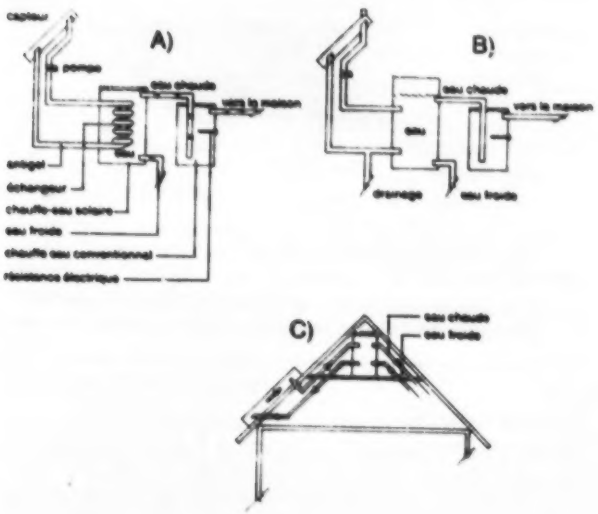
Distribution

Dans un système à eau, il faut installer deux tuyaux adjacents de 30 mm de diamètre, l'un pour l'arrivée d'eau vers les capteurs et l'autre pour le retour, ainsi qu'un fil électrique pour les thermostats allant du stockage jusque sous la toiture ou vers les murs de façade à l'endroit supposé des capteurs.

Dans un système à air, il faut deux gaines adjacentes, de section de 150 mm de diamètre environ, ainsi qu'un fil électrique allant du stockage vers la toiture ou les murs de façade.

CHAUFFAGE DE L'EAU DOMESTIQUE

Le chauffage de l'eau domestique est un secteur de consommation important, qui représente de 10 à 20% des dépenses énergétiques totales d'une résidence. Or, un chauffe-eau solaire fonctionne à l'année longue, répondant souvent en été à la totalité des besoins et pouvant atteindre de bons rendements annuels de 60 à 70%. C'est donc, parmi les systèmes actifs, l'installation la plus prometteuse et la plus rentable. S'il reste peu de surface disponible sur la toiture sud, c'est à ce système qu'il faudra réserver la priorité.



25 Schéma d'un chauffe-eau solaire: A) circuit antigel avec échangeur; B) circuit tout eau avec drainage automatique en cas de gel; C) système à thermosiphon ne nécessitant pas l'usage de pompes de circulation

Particularités

Le chauffe-eau solaire agit comme un système actif à eau pour le chauffage des lieux, mais en miniature, prenant peu de place autant pour les capteurs que pour le réservoir. Contre les risques de gel, il faut opter, soit pour un système avec antigel-glycol dans le circuit des capteurs avec dans le réservoir un échangeur à double paroi obligatoire pour éviter tout contact de l'antigel — pouvant être toxique — avec l'eau domestique, soit pour un système avec drainage automatique de l'eau des capteurs dans une cuve de vidange par temps froid. Ce dernier système est moins coûteux et plus rentable.

Le chauffe-eau solaire ne connaîtra évidemment pas les problèmes d'échangeurs eau-air posés par les systèmes actifs à eau pour le chauffage de l'espace, puisque l'eau chaude sera utilisée telle quelle directement.

L'eau chaude solaire est accouplée au système conventionnel de réservoir, muni en général d'une résistance électrique, lui servant de préchauffage. Ainsi, lorsque — en été — le chauffe-eau solaire suffit à combler tous les besoins, la résistance électrique ne fonctionne pas. Dans le cas contraire, la résistance électrique chauffe l'eau jusqu'à la température désirée. À ce propos, il est conseillé de ne pas régler le thermostat plus haut que 50°C, température bien suffisante pour les applications domestiques (douche, vaisselle, etc.). Notons qu'il existe aussi des filtres pour les robinets d'éviers et les douches, qui réduisent environ de moitié le débit d'eau pour un lavage tout aussi efficace.

SAVOIR PRÉPARER SA MAISON À RECEVOIR DES ÉQUIPEMENTS SOLAIRES ACTIFS POUR LE CHAUFFAGE DE L'EAU DOMESTIQUE

Captage

Emplacement

En général sur la toiture sud; parfois au pied de l'édifice ou sur une terrasse, pouvant alors fonctionner en thermosiphon, l'eau chaude des capteurs montant naturellement vers le réservoir, sans besoin de pompes.

Orientation

Plein sud ou à plus ou moins 30°.

Inclinaison

L'inclinaison est prévue de façon à capter les radiations d'été comme d'hiver, les capteurs fonctionnant à l'année longue. L'inclinaison optimale pour le Québec est en moyenne de 45° (égale à la latitude du lieu), ce qui correspond aux pentes usuelles des toitures.

Surcharge

Prévoir environ de 15 à 40 kg par m² de surcharge pour la charpente recevant les capteurs.

Surface

Par exemple, pour une famille moyenne de 4 personnes (2 adultes et 2 enfants), la surface requise est d'environ 6 m² soit 1,5 m² de capteur par personne.

Stockage

Pour répondre aux besoins de cette même famille, le réservoir solaire peut avoir un volume de 200 litres, soit environ 50 litres par personne. Celui-ci peut être accouplé au réservoir conventionnel ou peut simplement le remplacer. Dans le cas d'un système à drainage automatique, une cuve de vidange devra aussi être prévue. Il existe aussi des réservoirs avec résistance électrique, pouvant contenir un échangeur et qui servent tout à la fois de réservoir conventionnel et de réservoir solaire.

Distribution

Pour le circuit allant des capteurs au réservoir, il faut prévoir deux tuyaux adjacents en cuivre de 30 mm de diamètre, de l'emplacement du réservoir jusque sous la toiture à l'endroit prévu pour les capteurs. Un fil électrique suivra le même chemin, pour les contrôles électroniques. Cela évitera bien des dégats ultérieurs. Aucun problème ne se posera pour accoupler le réservoir solaire au réservoir conventionnel situé à proximité; l'unité de contrôle prenant peu de place pourra être placée sur le réservoir. Les essais de pression dans les tuyaux peuvent être effectués à l'avance afin que le système soit prêt à fonctionner dans de bonnes conditions dès l'installation des capteurs.

CHAUFFAGE DES PISCINES

Le chauffage solaire des piscines, parce qu'il s'effectue durant la saison chaude, profite de conditions optimales. C'est l'équipement solaire actif le plus rentable puisqu'il comble en général la presque totalité des besoins.

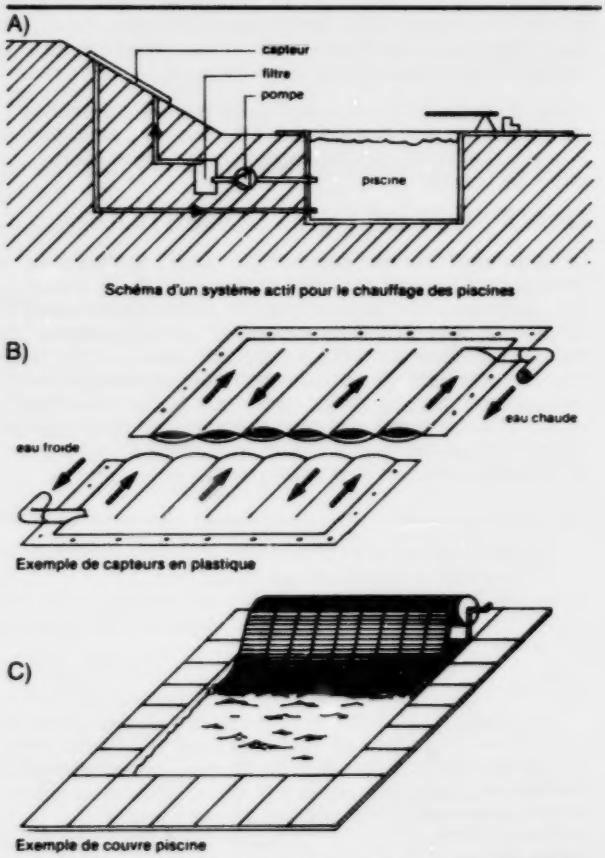
Capteurs

Les capteurs utilisés sont généralement en plastique noir, sans vitrage et sans isolant à l'arrière (inutile en été), inclinés à 30° par rapport à l'horizontale (soleil haut en été); et ils sont en général peu coûteux. Toutefois, si l'utilisation de la piscine doit se prolonger au printemps et à l'automne, les capteurs pourront être vitrés, inclinés à 40°; et un chauffage d'appoint pourra être joint au système.

Des capteurs encore plus simples consistent en des tuyaux foncés souples déroulés en zigzag. Il existe même des capteurs flottant sur l'eau. Si la maison profite déjà d'un système actif à eau pour le chauffage d'hiver, ses capteurs pourraient servir au chauffage de la piscine, mais attention à la corrosion par l'eau chlorée.

Couverture solaire

Un élément important employé dans le chauffage des piscines est une couverture isolante amovible, qui recouvre la surface du bassin lorsqu'il n'est pas utilisé et qui permet ainsi de garder la chaleur, car environ les trois quarts des pertes de chaleur des piscines se font à travers la surface de l'eau. En général, ces couvertures solaires sont constituées de plastique enveloppant des bulles d'air pour l'isolation et la flottaison. Certaines de ces couvertures peuvent aussi convertir directement les radiations solaires pour le chauffage de l'eau. Ces procédés passifs font bon ménage avec un chauffage actif.



26 Le chauffage des piscines: A) schéma d'un système actif; B) exemple de capteurs en plastique; C) exemple de couvre-piscine

Emplacement

Divers emplacements peuvent être prévus pour les capteurs: sur le toit de la maison, d'une bâtisse adjacente, d'un garage, sur un terrain en pente, sur un support spécial, près d'une clôture, etc. Mais ces emplacements doivent être orientés au sud et non ombragés en été.

La surface prévue correspondra en général à la moitié de la surface de la piscine. Le raccordement ne devrait pas poser de problèmes, l'installation profitant de l'équi-

pement existant de la piscine (pompes, filtres, etc.). Quant au stockage, il est bien sûr constitué par la piscine elle-même.

AUTRES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET ÉNERGIE SOLAIRE

Chauffage conventionnel

Les systèmes conventionnels à l'huile, au gaz ou à l'électricité vont continuer de jouer un rôle important dans le chauffage des résidences. Même dans les habitations qui utilisent des procédés solaires actifs ou passifs, les appareils conventionnels de chauffage devront pouvoir combler la totalité des besoins en prévision des périodes prolongées de mauvais temps.

Cependant, dans ces maisons à haut rendement énergétique, les systèmes conventionnels ne consommeront annuellement que 25 à 40% d'énergie comparativement à une résidence classique.

Système à air forcé

Les systèmes conventionnels de chauffage à distribution à air forcé sont les mieux adaptés à une conception solaire passive et active.
En effet, ils peuvent être facilement accouplés à des systèmes solaires actifs à air, quel que soit le stockage utilisé (pierres, sacs à eau, sels hydratés), mais aussi à des systèmes actifs à eau munis d'échangeurs eau-air logés dans les gaines de distribution, ou de type Thomason dans le stockage. Ces mêmes systèmes actifs à eau peuvent aussi être munis de pompes à chaleur prélevant la chaleur de l'eau du réservoir et la distribuant à l'air véhiculé dans la maison. Les températures obtenues par le solaire seront utilisées au maximum et la chaudière centrale fonctionnera le moins possible, à condition toutefois que les gaines de distribution soient prévues plus grandes, de dimensions presque semblables à celles des gaines de climatisation. Il faut aussi noter que le réseau de gaines de distribution peut être de beaucoup simplifié en fonction du design intérieur plus ou moins ouvert entre les espaces habitables.

En ce qui a trait au solaire passif, un thermostat placé au sud permettra par journée ensoleillée d'arrêter la chaudière centrale, tout en laissant fonctionner le ventilateur qui répartira l'air chaud des espaces exposés vers le reste de l'habitation par les gaines de distribution.

Systèmes à eau (radiateurs)

Les systèmes de chauffage conventionnels à eau avec radiateurs, moins adaptés aux températures moyennes obtenues par des installations solaires, peuvent néanmoins être utilisés accouplés à des systèmes actifs à eau. Ces derniers serviront surtout à préchauffer l'eau conduite à la chaudière centrale. Cependant, certains capteurs peuvent fournir de l'eau à plus haute température directement utilisable dans des radiateurs classiques.

Autres systèmes

Les systèmes de distribution à plancher radiant sont bien adaptés au solaire actif à eau mais doivent être installés à la construction de la maison. Enfin, certains systèmes actifs à distribution passive (lit de galets sous la maison, colonne centrale remplie de pierres rayonnant sa chaleur, etc.) peuvent être combinés à n'importe quel chauffage conventionnel (chauffage à eau ou à air, plinthes électriques, etc.).

Diversification des systèmes

Les systèmes de chauffage conventionnels peuvent être avantageusement diversifiés et peuvent alors employer plusieurs sources différentes (gaz, électricité, bois, etc.). Par exemple, une chaudière centrale au gaz, installée au sous-sol d'une maison, chauffera, avec un réseau simplifié de gaines à air pulsé, les espaces d'activités de jour bien ouverts entre eux. Une fournaise à bois située au milieu de la salle de séjour est une alternative séduisante. Les autre espaces plus cloisonnés (chambres à coucher, toilettes, etc.) seront chauffés par de simples plinthes électriques.

En général, tous les systèmes de chauffage conventionnels devront être munis de thermostats réglant la température en fonction des fluctuations climatiques externes et des goûts et activités des utilisateurs. L'achat des chaudières ne doit pas se faire uniquement en fonction du prix de l'appareil mais aussi de son rendement. Enfin, tous ces systèmes devront être vérifiés régulièrement, ce qui sera moins coûteux que de les voir fonctionner avec un rendement médiocre.

TECHNIQUES NOUVELLES ET PRINCIPES ANCIENS

Il existe d'autres systèmes profitant de nouvelles techniques parfois calquées sur des principes anciens oubliés. Voici quelques-uns de ces systèmes prometteurs.

Fournaises à bois

De conception déjà très ancienne, les fournaises à bois, utilisées depuis belle lurette par certains et tout à fait redécouvertes par d'autres, profitent en général de techniques plus sophistiquées leur permettant d'atteindre parfois des rendements de 60 à 70%.

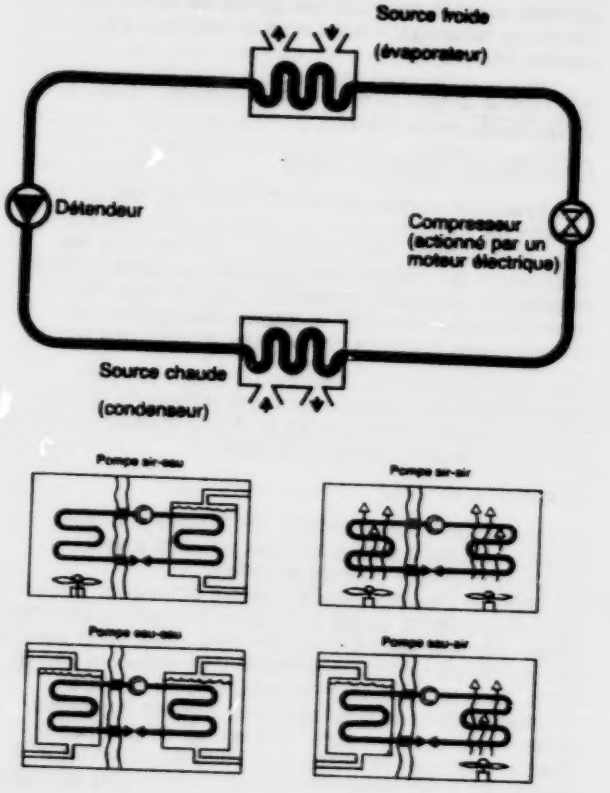
Cependant, avant d'utiliser cette source d'énergie, il faut s'assurer que l'approvisionnement en bois soit régulier et pas trop éloigné de la maison. Un éloignement de plus de 50 km fait généralement perdre au système toute rentabilité.

Bien sûr, toutes les mesures de protection contre les incendies doivent être minutieusement respectées. En particulier, les cheminées doivent être ramonées souvent, car la combustion lente produit un dépôt de créosote d'autant plus important si le bois est moins sec. Les fournaises doivent aussi être de dimension appropriée, en fonction de l'espace à chauffer: trop grandes, elles ont un rendement médiocre; trop petites, elles sont sujettes à des surchauffes dangereuses. Dans de bonnes conditions, une fournaise à bois peut combler la totalité des besoins en énergie d'une maison de taille moyenne. On entend par bonnes conditions: fournaise disposée au centre, libre circulation de l'air entre les espaces habitables, emploi de bois noble bien sec, dimensions optimales, bon tirage, etc. Pour pouvoir installer ultérieurement une fournaise à bois, il suffit de prévoir à la construction une cheminée avec un registre de fermeture.

Les foyers ouverts, contrairement aux poêles et aux fournaises à combustion lente, ont un rendement très faible de l'ordre de 10% en moyenne, dû surtout au fait que la combustion, rapide, pompe littéralement l'air chaud de la maison et que la chaleur produite disparaît aussitôt par la cheminée. Il est possible d'améliorer ce rendement en prévoyant une arrivée d'air frais de l'extérieur pour la combustion et un réchauffage de l'air de la maison par un circuit d'échangeur air-air logé dans le foyer. Enfin, il existe des fournaises mixtes alimentées au bois et à d'autres sources (huile, gaz, fournaise, etc.).

Pompes à chaleur

Les réfrigérateurs utilisent depuis longtemps ce système qui consiste à prendre de la chaleur à l'intérieur de l'appareil pour le refroidir et à la rejeter à l'extérieur. L'arrière des réfrigérateurs n'est-il pas toujours chaud? À l'inverse, pour le chauffage d'un édifice, une pompe à chaleur prendra de la chaleur à l'extérieur de la maison (source froide) pour la distribuer à l'intérieur (source chaude). Voici quelques sources froides possibles: à air: air ambiant extérieur ou même air vicié de la maison rejeté vers l'extérieur; à eau: eaux souterraines, eau des rivières, mers, etc.



27 Schéma du fonctionnement d'une pompe à chaleur et différents types

Pour les pompes à chaleur, aussi appelées thermopompes, on ne parlera pas de rendement mais d'efficacité; c'est-à-dire que pour une certaine énergie électrique consommée, les pompes à chaleur fourniront dans de bonnes conditions 2 à 3 fois plus d'énergie thermique à la maison.

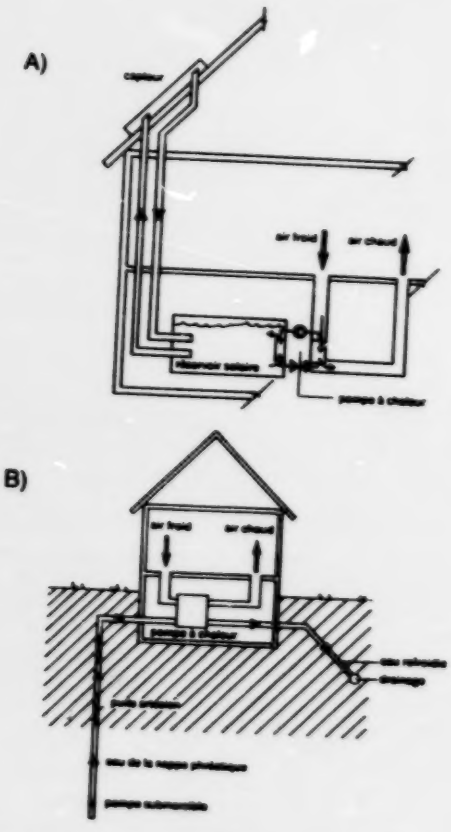
Alors pourquoi ne pas employer systématiquement ce procédé miracle? C'est parce qu'au Québec se pose le problème de la source froide qui, si elle devient trop froide, fera perdre à la pompe toute efficacité.

Alors, quelles sources froides faut-il choisir? À air? L'air extérieur aurait pu être une source froide commode s'il ne descendait pas la plupart du temps nettement au-dessous de 0°C rendant la pompe inefficace au moment où les besoins de chaleur se font le plus sentir. L'air vicié de la maison pourrait aussi servir de source froide mais cela nécessiterait un renouvellement d'air trop important pour une résidence. Il vaut mieux lui

préférer un système d'échangeurs simple air-air présenté plus loin.

À eau? L'utilisation de l'eau des rivières, lacs et mers, pose des problèmes de corrosion et d'éloignement. Par contre, l'utilisation de la nappe phréatique (eaux souterraines) est une application prometteuse du système, puisque la température de l'eau est relativement constante et suffisamment élevée. Il faut cependant inclure les frais de creusage d'un puits artésien pour atteindre cette eau, et de drainage pour la rejeter une fois refroidie. Il existe encore des systèmes de pompes terre-air ou terre-eau qui puisent directement la chaleur de la terre à proximité de la maison.

Une autre application prometteuse consiste à accoupler la pompe à chaleur à un stockage de chaleur solaire: pompe eau-air pour un réservoir à eau et pompe air-air pour un stockage par air. Les effets des deux systèmes combinés s'en trouvent simultanément améliorés. D'une part, la pompe à chaleur utilise des températures qui la rendent très efficace, et d'autre part, elle rend le système solaire actif plus performant. Le stockage refroidi voit donc ses capacités d'accumulation de chaleur augmentées, tandis que les capteurs ont un meilleur rendement lorsque le fluide caloporteur leur parvient assez froid pour ressortir à des températures convenables.



28 Deux exemples de pompe à chaleur eau-air utilisant des sources froides différentes: A) réservoir à eau d'un système solaire actif; B) eau de la nappe phréatique.

Dans le cas d'un réservoir à eau, la pompe eau-air puisera les calories de l'eau pour les distribuer directement à l'air réchauffant la maison. C'est donc tout à la fois un échangeur eau-air et un chauffage actif de l'espace. Dans le cas d'un stockage par air, il est préférable de chauffer la maison directement avec le stockage jusqu'à ce qu'il atteigne 30° C environ, seuil en-dessous duquel la pompe à chaleur air-air prendra la relève pompant les dernières calories.

En inversant le circuit, les pompes à chaleur peuvent devenir aussitôt des climatiseurs d'été rejetant la chaleur de la maison vers l'extérieur. Cependant, au Québec, cette fonction supplémentaire présente assez peu d'intérêt.

Par contre, pour le chauffage des piscines en été, des pompes air-eau peuvent s'avérer très avantageuses pompant les calories de l'air chaud ambiant pour les fournir à l'eau de la piscine.

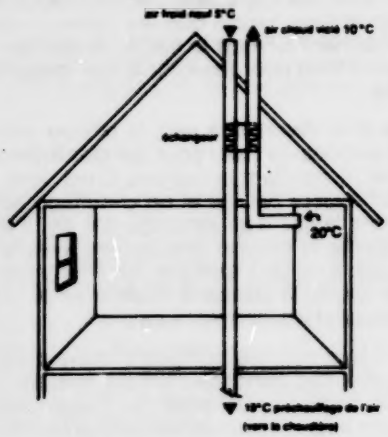
Les pompes à chaleur nécessitent encore souvent l'emploi d'un chauffage d'appoint, l'électricité par exemple, lequel sera très peu utilisé.

Échangeur de chaleur

Au fur et à mesure que les maisons deviennent mieux isolées et plus étanches, se pose le problème du renouvellement de l'air, pour éviter une trop forte concentration d'humidité, de gaz carbonique, d'odeurs, etc. à l'intérieur. Dans les maisons anciennes, les nombreuses infiltrations d'air extérieur refroidissaient très inconfortablement l'intérieur mais assuraient un renouvellement d'air naturel.

Plutôt que de rejeter à l'extérieur l'air vicié, directement par les fenêtres ou une ventilation mécanique, avec toutes ses calories, l'échangeur air-air va prendre de la chaleur de cet air extrait de la maison pour la restituer à l'air neuf introduit. Ces systèmes simples, employés depuis un certains temps dans les édifices publics, trouvent dans les résidences des applications très bénéfiques. Ces systèmes peuvent aussi servir à préchauffer l'air introduit dans des fournaises centrales. Il existe déjà des chaudières centrales à air utilisant un tel système.

De la même manière, des échangeurs eau-eau pourraient récupérer les calories des eaux usées pour les restituer à de l'eau neuve, utilisée pour préchauffer l'eau sanitaire. Ces échangeurs eau-eau devront être à double paroi afin d'éviter tout contact entre les fluides.



29 Schéma du fonctionnement d'un échangeur air-air

Éoliennes

Capter l'énergie du vent procède de techniques très anciennes. Les éoliennes actuelles transforment en général l'énergie mécanique des pales en énergie électrique par simple adjonction d'une génératrice (dynamo, alternateur). L'éolienne devient alors un aérogénérateur.

Elle peut servir au chauffage de la maison, mais il est plus rentable d'utiliser directement l'énergie électrique pour l'éclairage, le fonctionnement de pompes à chaleur, etc. Un aérogénérateur de 5 à 10 kW pourrait combler la presque totalité des besoins électriques d'une résidence de taille moyenne dans une région ventée. Le stockage de l'électricité peut se faire dans de simples batteries d'accumulateurs au plomb.

Généralement fixées sur des pylônes à proximité de la maison, en fonction des fréquences et de l'importance des vents, les éoliennes peuvent être de conception très variée. Les problèmes techniques nombreux reliés aux éoliennes ne sont jamais insurmontables. Des éoliennes commercialisées sont disponibles sur le marché. Il existe déjà au Québec quelques réalisations d'aérogénérateurs comblant tous les besoins électriques de résidences très éloignées du réseau hydro-électrique. Pour ces habitations, l'emploi d'éoliennes s'avère déjà très rentable.

Photopiles

Ces capteurs solaires ont la propriété de convertir les radiations solaires en électricité (conversion photovoltaïque). D'abord employés comme générateurs à bord des satellites spatiaux, ce n'est que vers les années 1970 que les photopiles ont commencé à être utilisées pour les résidences. Leur prix est encore prohibitif, mais, grâce aux recherches nombreuses effectuées partout dans le monde, on peut penser à un abaissement régulier des prix, et, dans un proche avenir, à leur utilisation pour la production de l'électricité des résidences à grande échelle. De plus, ces photopiles peuvent avantageusement s'intégrer à des capteurs plans classiques, les deux systèmes se complétant. Le capteur plan refroidit les photopiles alors que ces dernières constituent l'absorbeur du capteur. C'est encore les toits bien orientés au sud qui seront les premiers à profiter de cette technologie de pointe.

En observant les anciennes maisons québécoises, on peut se rendre compte à quel point leurs constructeurs s'étaient préoccupés des conditions climatiques. L'époque de l'énergie à bon marché étant révolue, ce n'est pas par hasard que ces mêmes préoccupations, ignorées pendant longtemps, sont à nouveau d'actualité.

Conclusion

En observant les anciennes maisons québécoises, on peut se rendre compte à quel point leurs constructeurs s'étaient préoccupés des conditions climatiques. L'époque de l'énergie à bon marché étant révolue, ce n'est pas par hasard que ces mêmes préoccupations, ignorées pendant longtemps, sont à nouveau d'actualité.

MAISONS QUÉBÉCOISES: TRADITION ET AVENIR

Une brève description des maisons traditionnelles du Québec fera comprendre pourquoi elles peuvent être considérées comme les véritables ancêtres des maisons solaires actuelles à haut rendement énergétique.

DE LA MAISON FRANÇAISE . . .

Les toutes premières maisons construites au Québec avaient gardé un caractère français. Elles étaient de style normand, breton ou autre, selon les origines de ces premiers colons qui avaient emporté avec eux les techniques traditionnelles et le savoir-faire hérités de France.

Ces maisons étaient mal adaptées au climat québécois. Elles étaient construites à même le sol, ce qui rendait leur accès difficile après de fortes chutes de neige.

Elles ne possédaient pas de cave et leurs fondations peu profondes se déstabilisaient à cause du gel. Leur mode de chauffage par cheminées à foyer ouvert, de rendement médiocre, ne permettait rien d'autre que des dimensions habitables réduites, faiblement éclairées par de petites fenêtres à simple vitrage. Le petit carré habitable, généralement en pierre, était surmonté d'une grande toiture très inclinée (50 à 55°) enveloppant un grand espace non chauffé inutilisable.

Ces maisons étaient donc loin d'offrir à ceux qui devaient y passer de longs et rudes hivers une qualité de vie appréciable. C'est pourquoi, elles vont progressivement s'adapter au climat rigoureux du pays. La maison française devient québécoise en remportant une victoire décisive sur l'hiver.

. . .À LA MAISON QUÉBÉCOISE

Les caractéristiques de la maison québécoise traditionnelle sont en effet le résultat d'une adaptation réussie aux conditions climatiques. Elles concernent l'orientation, le fenêtrage, la forme générale,l'isolation et l'agencement intérieur de la maison ainsi que sa climatisation d'été. Précisons-en les caractéristiques.

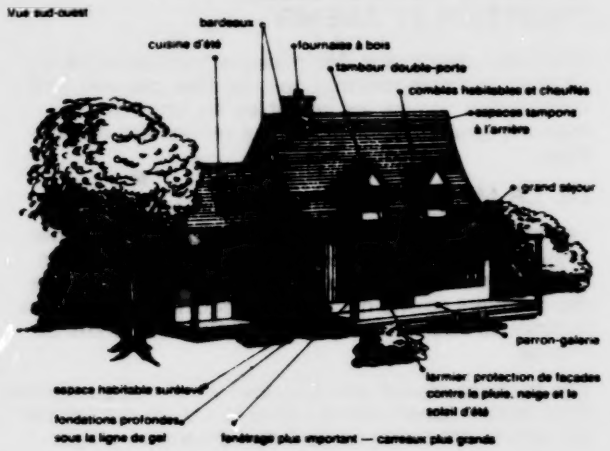
L'orientation

Dans la mesure du possible, les maisons québécoises situées en dehors des villes, présentaient leur façade principale au sud pour accueillir un maximum de soleil en hiver.

Les fenêtres

En général, des persiennes en bois protégeaient les fenêtres du soleil d'été. Elles étaient remplacées en hiver par des contre-fenêtres d'abord clouées, puis installées dans une feuillure. Des moustiquaires ont ensuite remplacées les persiennes.

Le nombre de fenêtres se multiplie, notamment au sud, et elles verront leurs vingt ou vingt-six petits carreaux être remplacés par six carreaux plus grands, à la faveur de l'amélioration des techniques de vitrage. Leur



30 Modèle de maison québécoise

embrasure s'élargit à l'intérieur, lui-même souvent crépi de blanc.

Tous ces facteurs améliorent considérablement la luminosité intérieure et l'ensoleillement. Un plus grand fenêtrage a été rendu possible grâce aux nouvelles techniques de chauffage. Les fournaises à bois, plus efficaces, se sont en effet substituées progressivement aux cheminées à foyer ouvert.

Forme générale

À cause du froid et du gel, les fondations plongent à plus de 1 mètre dans le sol, sous la ligne de gel, évitant ainsi de se détériorer. En même temps, le solage déborde au-dessus de la surface du sol et rehausse le plancher pour le protéger de la neige et du froid. Les constructeurs vont profiter de ces deux modifications. Ils vont creuser l'espace compris entre la fondation et le débordement du solage pour créer un sous-sol demi-enterré, devenu souvent habitable à notre époque.

Pour accéder à la surface habitable surélevée, des escaliers seront ajoutés conduisant à un perron-galerie. L'avancée de la toiture (larmier) protège les façades principales et repousse les eaux de pluie et la neige loin des murs et des fondations. Ces larmiers se prolongeront jusqu'à recouvrir entièrement le perron-galerie en s'appuyant sur des colonnes et en adoptant une belle forme galbée, autre caractéristique des maisons québécoises.

La forme générale devient plus ramassée. La surface habitable s'agrandit pendant que la toiture, de pente plus faible (45° en moyenne), enveloppe un volume plus petit qui va progressivement devenir habitable avec un accroissement notable des lucarnes.

Tout en se transformant par rapport aux maisons de caractère français, les maisons québécoises gardent la même simplicité de ligne et des proportions agréables.

Isolation thermique

La maison québécoise devient relativement bien isolée. Les constructions en bois, bon isolant en lui-même, se généralisent rapidement et prennent diverses formes: bois pièce sur pièce dont les interstices (très petits espaces vides) sont bourrés d'étoupe, de filasses de chanvre ou de mortier; colombage de charpente claire faisant une double paroi de planches enveloppant une lame d'air isolante, remplie souvent de sciure de bois.

Les recouvrements de toitures sont souvent faits d'un matériau bien adapté, par exemple le bardeau de bois, du cèdre en général. Les bardeaux en fer-blanc prendront plus tard la relève. Les bardeaux étaient non seulement employés sur les toitures mais aussi sur les murs extérieurs, et notamment sur les côtés exposés aux vents d'hiver. Une meilleure isolation et une meilleure étanchéité de la maison en résultaient. Celles-ci étaient parfois encore améliorées par la pose de feuilles de bouleau entre le bardeau et la planche, qui servaient de pare-vapeur. Les fenêtres partout doublées par des contre-fenêtres étaient souvent calfeutrées avec de l'étoupe ou de la guenille.

Agencement intérieur

Les surfaces habitables deviennent plus grandes et plus spacieuses, surtout grâce à l'introduction des fournaises à bois, beaucoup plus efficaces que les anciennes cheminées à foyer ouvert. Ces fournaises à bois deviennent un véritable chauffage central sans qu'on ait besoin de quelque circuit de distribution: l'espace habitable est plus ouvert et la chaleur produite circule librement. Parfois des orifices sont créés pour laisser entrer l'air chaud dans les pièces.

En fait, les intérieurs québécois n'avaient rien à envier aux vastes salles de séjour modernes et spacieuses puisqu'ils jouissaient déjà d'un grand espace faisant à la fois office de cuisine, salon, salle à dîner et coin-feu. Cet espace était souvent exposé au sud. Les Québécois pouvaient s'y réunir nombreux pour passer les longues veillées d'hiver.

Ainsi, le design moderne qui consiste à créer des espaces de jour très ouverts afin de mieux laisser passer la lumière et la chaleur était déjà appliqué à l'époque.

Le principe des espaces tampons était aussi connu et souvent employé: les laiteries, les remises et parfois les cuisines d'été étaient disposées vers les endroits froids et ventés. Le perron-galerie servait d'espace de transition entre l'intérieur et l'extérieur. Le sas d'entrée existait déjà sous forme de tambour à double porte, l'une ouvrant à l'intérieur et l'autre à l'extérieur. Enfin, l'utilisation progressive des sous-sols et des combles, souvent disposés en mansarde, va donner un maximum d'espace habitable pour un minimum d'enveloppe extérieure.

Climatisation d'été

Les grandes avancées de toiture (larmiers), qui protégeaient le perron-galerie, servaient aussi de pare-soleil très efficace en été.
De plus, une intéressante création, la cuisine d'été, est une conséquence du climat et du mode de vie agricole de l'époque. Il s'agissait d'une sorte de maison miniature intégrée à la maison principale et utilisée dès le début de la saison chaude pendant les travaux agricoles. Auparavant, le grand nettoyage d'hiver de la maison principale était effectué et les poêles et fournaises étaient condamnées. L'utilisation de cette deuxième cuisine évitait de salir la grande maison et faisait profiter les occupants d'une certaine fraîcheur. En effet, la cuisine d'été, était généralement à même le sol et exposée aux vents, d'où les effets de refroidissement en été et de protection de la maison principale en hiver; et on y utilisait pour la cuisson des aliments de petits poêles qui ne surchauffaient pas l'espace.

LA MAISON QUÉBÉCOISE AUX OUBLIETTES

Après la Conquête, les maisons québécoises s'inspirèrent de divers styles anglais et parfois américains. Les techniques de construction évoluèrent, les matériaux changèrent et la venue progressive d'autres modes d'énergie, comme le chauffage central au charbon à air (grilles) ou à eau (radiateurs), entraînèrent l'édification de grandes demeures qui se démarquaient de plus en plus des maisons québécoises traditionnelles.

Avec les maisons de style victorien commence la période des maisons dites froides. Elles sont très grandes, à plafonds hauts, avec de grandes fenêtres, orientées sans jugement, construites en pierre de taille ou en brique. Enfin, avec la crise du logement (démographie, immigration rurale) et l'introduction des modes de chauffage à l'huile puis à l'électricité, prolifèrent les classiques bungalows, les maisons en rangée, les condominiums, de style américain ou international, qui marquent une rupture définitive avec les maisons québécoises traditionnelles.

RENOUVEAU

Se basant sur les mêmes préoccupations climatiques à l'origine des maisons traditionnelles, les maisons solaires actuelles s'inspirent profondément des constructions anciennes, exception faite de certains pastiches qui immitent la forme de l'habitat ancien sans en respecter le caractère propre. Comme les maisons d'hier profitaient de la technologie de l'époque, les maisons solaires d'aujourd'hui intègrent les techniques contemporaines en évolution constante.